التحليل الستاتيكي بمساعدة

ساب 2000

المهندس الاستشاري

عماد درويش



طبعة أولى

تشرين الأول 2001 م

الكتاب: التحليل الستاتيكي بمساعدة ساب 2000

إعـداد: المهندس عماد درويش

التحضير الطباعي: مركز الفوال للتحضير الطباعي ،
فوال وتنبكجي
هاتف: 2239755-2232611

المطبعة: جوهر الشام

الناشر: دار دمشق للطباعة والنشر والتوزيع
دمشق - شارع بور سعيد - هاتف: 2211048
فاكس: 2211022
ص.ب: 5372

هذا الكتاب

تشتمل الفصول الأولى من هذا الكتاب علي كيفية التعامل مع برنامج ساب (SAP 2000 n) خطوة خطوة للقيام بالتحليل الستاتيكى للمنشآت المختلفة.

وقد تناول الفصل الأول مراحل استخدام البرنامج لهذا الغرض من خلال أمثله تطبيقية من العناصر الخطية والعناصر المستوية . وقد تدرجت الأمثلة بالصعوبة بدءاً من الكمرات والبلاطات البسيطة إلى المنشآت الأكثر تعقيداً.. وكان الهدف من ذلك شرح وتوضيح أوامر التحليل وملفات النتائج من خلال أسهل الأمثلة ، للانتقال بعد ذلك إلى قراءه ومحاكمه النتائج من خلال المسائل الأشمل.

خُصص الفصل الثاني لشرح كيفية التعامل من عمليات التحليل والتصميم الخاصة بالمنشآت الخرسانية. في حين خصص الفصل الثالث لتحليل وتصميم المنشآت الفولاذية.

كما أرفقت في نهايه الكتاب ثلاثة ملحقات تتناول بشكل موجز علاقات ومتطلبات التصميم فى الكودات الأمريكيه التي يعتمدها البرنامج حصراً لمنشآت الخرسانه والفولاذ. وقد ترجمت هذه الملحقات من الدليل الإرشادي المرفق مع البرنامج بقليل من التصرف فى صياغه العبارات، بغيــة تبسيط المفاهيم . كما أضيفت إلى بعض الفقرات عبارات توضيحية لتمكين المهندس العربي من تناول هذه المواضيع بسهولة أكبر.

لقد افترضنا فى هذا الكتاب أن القارئ يتقن إلى حدٍ ما عمليات النمذجة فى البرنامج من حيث رسم شكل المنشأ وتعريف المساند والمقاطع والحمولات المطبقة وذلك بعد اطلاعه على موضوعات الجزء الأول . وقد تم التذكير بهذه العمليات بشكل موجز من خلال بعض الأمثلة المعطاة فى هذا الكتاب .

ننوه أخيراً إلى أن هذا الكتاب غير مترجم عن أي مصدر آخر باستثناء الملاحق (A , B , C) الآنفة الذكر. وننصح الزملاء المهندسين بمتابعة الأمثلة فى شطب بحسب تسلسلها التي وردت فيه. والتي تعمدنا فيها أن تكون مغاير لأمثله الجزء الأول بهدف التدريب على نمذجة أكبر عدد ممكن من المسائل المختلفة.

نرجو الله عز وجل أن نكون قد وفقنا في الإسهام بإغناء مكتبتنا العلمية العربية بما هو مفيد.

المهندس الاستشاري عماد درويش - دمشق 2001

دمشق ـ تلفاكس 3119557 بريد إلكترونى (e mail) ـ (eyd @ ureach.com) ص .ب 60059

فهرس الفصل 1 ... التحليل وقراءة النتائج من خلال أمثلة بسيطة

1. التحليل وقراءة النتائج من خلال أمثلة بسيطة...

1 – 1 توضيح

ذكرنا في المقدمة أن هذا الكتاب مخصص للقارئ الذي يتقن إلى حدٍ ما عمليات النمذجة في البرنامج من حيث رسم شكل المنشأ وتعريف المساند والمقاطع والحمولات المطبقة. وفي حال الرغبة في تعلم برنامج (SAP 2000n) بدءاً من خطواته الأولى، ننصح الزميل المهندس بالاطلاع على الجزء الأول ، مع الإشارة إلى أنه تم التذكير في هذا الجزء وبشكل موجز بالعمليات المشار إليها من خلال الأمثلة المعطاة والتي تتناول العناصر الإطارية والقشرية.

1 – 2 أنواع التحليل

يستطيع برنامج (Sap 2000n) القيام بالتحليل الإنشائي وفق عدة أنواع أو حالات هي:

1 – 2 – 1 التحليل الستاتيكي – Static Analysis

ينجز هذا التحليل من أجل كل حالة تحميل أو من أجل تراكيب الحمولات المعرفة على المنشأ، حيث تعتبر العلاقة بين الأفعال الداخلية والانتقالات خطية (أي سلوك خطي للمادة.. انظر تحليل Δ - P أدناه).

يعتمد التحليل الستاتيكي على جملة معادلات التوازن الخطية ($F = K . \Delta$)، والتي يتم إنشاؤها بشكل مصفوفي حسبما ورد في الفصل الأول من الجزء الأول.

$$\{F\} = [K] . \{\Delta\}$$

حيث:

{F} شعاع القوى المطبقة في العقد الطرفية للعناصر المحددة.

[K] مصفوفة قساوات العناصر المحددة (مصفوفة القساوة العنصرية).

{Δ} شعاع الانتقالات في العقد المذكورة.

ويقوم البرنامج بتشكيل هذه المصفوفات تلقائياً.

1 ـ 2 ـ 2 التحليل الديناميكي ـ Dynamic Analysis

يتضمن التحليل الديناميكي التأثير الحركي للحمولات على المنشأ والذي يتعلق بزمن تطبيق هذه الحمولات . ويحسب التحليل الديناميكي الاهتزازات الحرة وأنماطها وتردداتها ويحلل أطياف الاستجابة والترددات القسرية للمنشأ... ونشير هنا بإيجاز إلى حالات التحليل الديناميكي التي ينجزها البرنامج (موضوع الجزء الثالث).

1 ـ التحليل النمطي (Mode): وهو يأخذ بالاعتبار عدد أنماط الاهتزاز ويميز الأنماط ذات الدور الأطول (الترددات الأصغر) ويتم حساب الأفعال الداخلية والإجهادات والانتقالات في كل عنصر من المنشأ ولكل نمط من أنماط الاهتزاز المعتبرة.

2 ـ تحليل أطياف الاستجابة (Response Spectrum): ويتم من خلاله الحصول على منحني طيف الاستجابة المتعلق باتجاه معين كعلاقة بيانية بين دور المنشأ واستجابة التسارع

3 ـ تحليل التاريخ الزمني للاهتزاز (الحمولات المتغيرة مع الزمن) (Time History).

وهناك أشكال أخرى تتعلق بالتحليل الديناميكي تم ذكرها في الجزء الثالث.

- **ملاحظة حول حالات التحليل**

يمكن الحصول على نتائج حالات التحليل المذكورة بشكل مستقل أو من خلال تراكيب التحاليل المعرفة في المسألة. ويتعذر الحصول على نتائج التحليل الستاتيكي عندما يطلب تنفيذ تحاليل ديناميكية.

1 ـ 2 ـ 3 تحليل الحمولات المتحركة ـ Moving Load Analysis

تم التطرق لهذا النوع من التحليل من خلال الأمثلة المعطاة في الفصول التالية.

1 ـ 2 ـ 4 تحليل (P - Δ) ـ (P - Δ) Analysis

وهو تحليل لاخطي من الدرجة الثانية، ولا يعتبر حالة تحليل مستقلة كما في الحالات السابقة باعتبار أن نتائجه تؤثر على نتائج التحليل الستاتيكي أو الديناميكي أو الحمولات المتحركة والمنفذة بتحليل واحد.

يستخدم تحليل (P - Δ) في منشآت المباني (العالية على وجه الخصوص) حيث يكون تأثير حمولات الثقالة الشاقولية على الأعمدة كبير نسبياً، فهذه الحمولات تخلق قوى في الأعمدة قد تخفض من مقاومتها للحمولات الجانبية.

ويستخدم التحليل المذكور بشكلٍ عام عندما تكون الحمولات المحورية، أو التشوهات الناتجة عنها كبيرة. بحيث تؤثر على خاصية القساوة (stiffness) لعناصر المنشأ الإطارية . ويكون ذلك أكثر وضوحاً في المنشآت الفولاذية التي قد تتعرض لتشوهات لدنة (تحليل لدن.. انظر الجزء 3).

إذن فالهدف من تحليل (P - Δ) هو الحصول على نتائج تأثير حمولات الثقالة والوزن الذاتي على القساوات العرضية للعناصر. لذا فهو يستخدم في تحليل المنشآت الحاوية على الكابلات كالجسور المعلقة مثلاً.

فعندما تكون الحمولات والانتقالات الناتجة عنها صغير، فإن علاقة الحمولات بالانتقالات (والناجمة عن العلاقة بين الإجهادات والتشوهات) تكون خطية، في حين **قد** تصبح في الحالة الأخرى علاقة لاخطية (سلوك لا خطي للمادة) وبالتالي تتغير معادلات التوازن المطلوبة. فالدورانات والانتقالات الكبيرة تغير من معايير التقييم الهندسي المألوف.

يأخذ تحليل (P - Δ) تأثير انتقالات العقد على الأفعال الداخلية في المنشأ والناتجة عن تطبيق الأوزان والحمولات الشاقولية، حيث يتم إدخال تأثيرات العزوم الناجمة في نهايات الأعمدة

وتأثير الحمولات المحورية على تغير قساواتها.. وتتعلق معطيات التصميم التي تأخذ هذا التحليل بعين الاعتبار بكون الأعمدة والإطارات مسنودة أو غير مسنودة جانبياً (مربوطة أو غير مربوطة ضد الانزياح الجانبي).

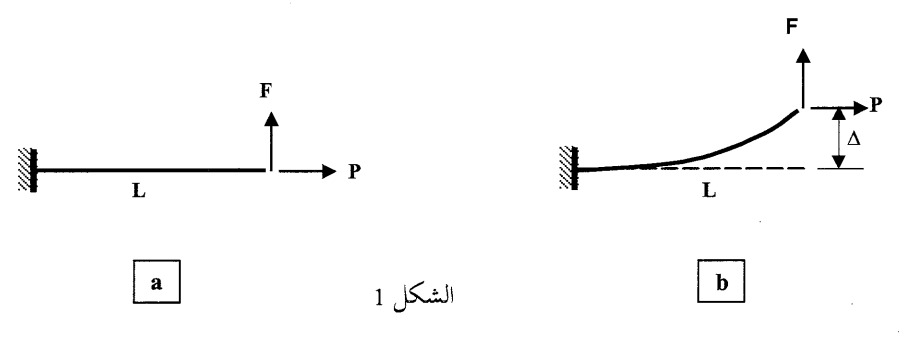
تميز معظم الكودات ومنها الكود الأمريكي (ACI 318 - 1994) بين نوعين من تأثير (P -Δ) كما يلي:

1 ـ ينتج التأثير الأول عن الانزياحات أو الانتقالات المتولدة في عناصر المنشأ بتأثير الأحمال الشاقولية مع وجود قوى جانبية مطبقة على المنشأ . حيث يؤخذ هذا التأثير بالاعتبار على كافة عناصر المنشأ، وعلى الأخص في مسائل التحليل.. *انظر المثال (2) أدناه.*

2 ـ ينتج التأثير الثاني عن تشوهات العناصر بسبب انتقالات العقد. ويؤخذ تأثيره على الأعمدة النحيفة فقط أو المعرضة لانحناء جانبي بسبب حمولات الثقالة فقط وخاصة في مسائل التصميم. ويتم ذلك من خلال استخدام معاملات تصعيد العزوم بحسب الكود المعتبر في التصميم.. هذا ويوضح المثالان التاليان تأثير (P - Δ).

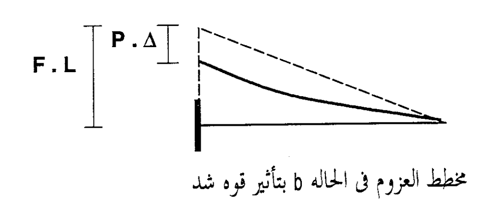
- **مثال 1**

يوضح الشكل (1) كمرة موثوقة طولها (L) معرضة لقوة شد محورية (P) ولقوة عرضية في طرف الظفر (F) والذي يتعرض لانتقال قدره (Δ).

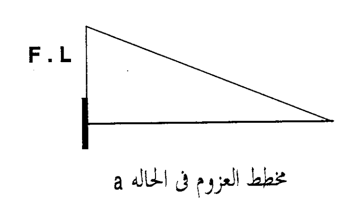


الشكل 1

تعطي معادلات التوازن في الحالة (a) قبل التشوه قيمة عزم الوثاقة (Fixed Moment) بالعلاقة (M = F. L) (تغير خطي).. (الشكل 2).



مخطط العزوم فى الحاله b بتأثير قوه شد

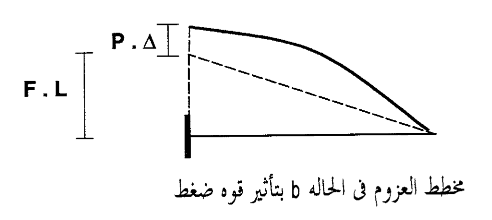


مخطط العزوم فى الحاله a

الشكل 2

ويكون العزم المذكور التوازن في الحالة (b) بعد التشوه ($M = P . L - Δ$).. (نقصان في قيمة العزم).

في الحالة التي تكون فيها (p) ضاغطة يصبح ($M = P . L + P Δ$).. (زيادة في قيمة العزم) كما في الشكل (3). وهنا قد يؤثر التحنيب على سلوك العنصر إذا وصلت القوة الضاغطة إلى القيمة الحرجة ($P_{cr} = P^2 E I / 4 L^2$).



مخطط العزوم فى الحاله b بتأثير قوه ضغط

الشكل 3

يكون تأثير (P - Δ) على العناصر المسنودة جانبيا ضئيلا نسبيا ، في حين يؤثر على الانزياح الجانبي (وبالتالي على الأفعال الداخلية) وعلى استقرار الإطارات غير المسنودة جانبيا. ومن أجل ذلك نجد أن الكودات الدولية تصعد العزوم الناتجة بمعاملات محددة.

- **مثال 2**

لنفترض أن الكود المختار يعتمد تراكيب الحمولات التالية في حساب أحد المنشآت:

1 – 1.4 DL

2 – 1.2 DL + 1.6 LL

3 – 1.2 DL + 0.5 LL + 1.3 WL

4 – 1.2 DL + 0.5 LL - 1.3 WL

5 – 0.90 DL + 1.3 WL

6 – 0.90 DL - 1.3 WL

وهنا نلاحظ ما يلي:

1 ـ من أجل الانزياح الجانبي الكلي للمنشأ نتيجة حمولات الثقالة، وبوجود قوى جانبية يتضمن إجراء تحليل (Δ - P) تحت تركيب الحمولتين (1.2 DL + 0.5 LL) مثلا تأثيرات (P -Δ) للتراكيب (3 و 4 و 5 و 6) المذكورة أعلاه. ولا يعتبر التركيبان (5 و 6) ذات أهمية بسبب عدم احتوائهما على قوى جانبية (WL). لذلك يمكن الاكتفاء بتحليل (Δ - P) تحت حالة التركيب المذكورة فقط.

2 ـ أما من أجل تشوهات العناصر فلا بد من تنفيذ عدة تحاليل (Δ - P) لكل تركيب من التراكيب الست السابقة بشكل مستقل. الأمر الذي يعني إعادة التحليل ست مرات.

من أجل ذلك ينصح باعتماد إجراءات البرنامج بدلا من القيام بما ذكر في البندين السابقين.

- **ملاحظات حول تحليل (Δ - P)**

1 ـ تأخذ النسخة (21 - 7) من البرنامج (SAP 2000n) تأثير تحليل (Δ - P) على العناصر الإطارية فقط. ويؤثر ذلك على الانحناء العرضي وتشوهات القص الناتجة عن الإجهادات الكبيرة للقوى المحورية المطبقة (شد أو ضغط) في العناصر المذكورة.

2 ـ تعتبر القوى المحورية المطبقة ثابتة على طول العنصر.

3 ـ يمكن إدخال تأثير (Δ - P) في التحليل من خلال قوى محورية محددة في المسألة. أو من خلال قوى محورية ناجمة عن حساب مجموعة معرَّفة من الحمولات الستاتيكية المطبقة.

4 ـ إذا لم توجد هنا قوة محورية مطبقة كما في المثال السابق، فإن تمثيل خط انحناء العناصر المعرضة للتأثير المذكور يتم من خلال منحنيات من الدرجة الثالثة . وفي الحالة التي توجد فيها القوى المذكورة يكون الخط المذكور منحنياً قطعياً (تابع قطعي) في حالة الشد ومثلثياً (تابع مثلثي) في حالة الضغط.

5 ـ تم التنويه إلى معلومات إضافية أخرى حول تأثير (Δ - P) في سياق الأمثلة المعطاة أدناه.

ـ للمزيد من التفصيلات حول هذا الموضوع انظر ملف (SAPREF1) في الدليل الإرشادي (Manual) المرفق مع البرنامج وذلك كما يلي.

1 ـ افتح الملف المذكور (SAPREF1) بالنقر عليه بمؤشر الماوس، مع الإشارة إلى أن هذه الملفات تعمل تحت برنامج (Adobe Acrobat) المتعددة الإصدارات.

2 ـ اختر من قائمة (Edit) الأمر (Find = Ctrl + F). ثم ابحث عن (Delta) لتحصل على المعلومات المتعلقة بهذا الموضوع في مواضع عدة.

3 ـ انظر المثال رقم (11) في الفصل الثالث.

1 ـ 3 تحضير المنشأ قبل التحليل

قبل إعطاء أمر التحليل للبرنامج ينبغي إنجاز العمليات التالية والتي كانت موضوع الجزء الأول:

1 ـ تنفيذ نموذج المنشأ (رسم المنشأ). وينصح هنا ببناء النموذج بشكل أولي وتفهم سلوكه الإنشائي قبل إضافة أية تفاصيل أخرى خاصة بالشكل أو الرسم، مما يسهل حصر المشاكل

التي قد تنجم عن النمذجة. ويمكن تضمين المسألة ملاحظات خاصة من خلال الأمر (User Comments and Session Log) في قائمة (File).

2 ـ نمذجة المساند المطلوبة بأوضاعها العادية والمائلة.

3 ـ استخدام قائمة (Define) لتعريف المواد والمقاطع وحالات التحميل تراكيب الحمولات المطلوبة.

7 ـ تعيين (أو إسناد أو تخصيص) المواد والمقاطع والحمولات من قائمة (Assign).

8 ـ اختيار درجات الحرية للمنشأ من (Analyze).

9 ـ اختيار نوع التحليل.

يتم البدء بالتحليل وقراءة النتائج، مع الإشارة إلى أن دليل البرنامج يشير إلى بعض النصائح والتي من أهمها:

1 ـ اختبار عدة حلول للمنشأ المنمذج.

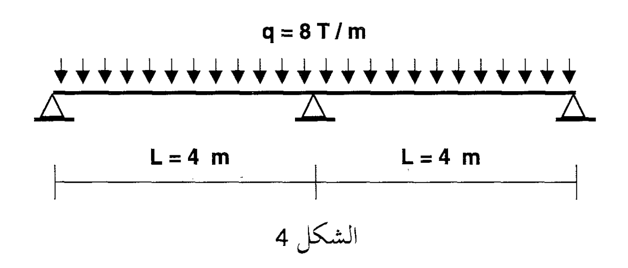
2 ـ إجراء التعديلات اللازمة لإخراج التصميم بالوجه الأمثل.

ويتم بعد ذلك طباعة المذكرة الحسابية والمخططات الإنشائية المطلوبة.. وتوضح ذلك الأمثلة المعطاة في هذا الكتاب والتي تتدرج بدءاً من أبسط المنشآت.

1 ـ 4 تحليل العناصر الإطارية وقراءة النتائج من خلال أمثلة تطبيقية

1 ـ 4 ـ 1 مثال 1 ـ نمذجة وتحليل كمرة عادية

يطلب تحليل الكمرة الموضحة في الشكل (4)، وإيجاد مخططات العزوم وقوى القص ، علماً بأن الكمرة من الخرسانة المسلحة وأن أبعاد المقطع (0.30 x 0.80 m).



الشكل 4

1 ـ 4 ـ 2 الهدف من هذا المثال

1 ـ التذكير بخطوات نمذجة العناصر الإطارية (موضوع الجزء الأول) وبشكل مختصر.

2 ـ شرح أكبر قدر من خطوات وأوامر تنفيذ التحليل الستاتيكي العادي لهذه العناصر، وقراءة نتائج التحليل من خلال أبسط الأمثلة.

3 ـ مقارنة الحساب بطريقة العناصر المحددة والتي يعمل البرنامج من خلالها مع طرق الحساب الإنشائي المألوفة.

4 ـ يصلح تطبيق النتائج المستخلصة والمعلومات التي سيتم تعلمها من خلال هذا المثال البسيط على المنشآت الإطارية الأكثر تعقيدا.

1 ـ 4 ـ 2 ـ 1 تذكير بمعلومات هامة

أولا ـ قبل البدء بشرح كيفية استخدام البرنامج لحل هذا المثال البسيط نذكر بالافتراضات الأساسية التالية للطرق الشائعة في نظريات حساب الإنشاءات:

1 ـ تفترض الطرق المذكورة أن مادة الكمرة متجانسة (homogeneous) وموحدة الخواص (isotropic) .

2 ـ تعتبر مادة المنشأ مرنة وتخضع لقانون (HOOKE)، وبالتالي فكافة الإجهادات المتولدة تبقى ضمن الحد المرن.

3 ـ انتقالات أو انزياحات كافة عقد المنشأ (displacements) صغيرة جدا لدرجة يمكن معها إجراء التحليل على محور الكمرة قبل التحميل.

ونذكر بتعريف التشوه (Deformation) بأنه الانتقال النسبي لنقطتين.

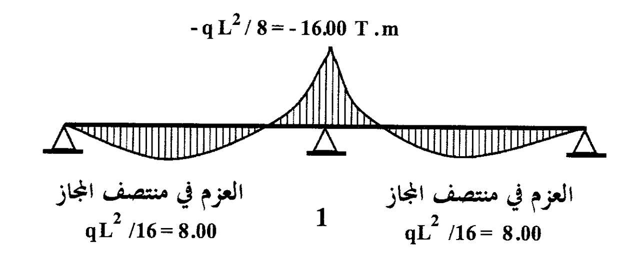
أما تشوه القص أو التشوهات الزاوية (Shear Strains) فهو الاختلاف الحاصل للزاوية (° 90) الكائنة بين المستقيمين الموازيين للمحورين (2 و 3).

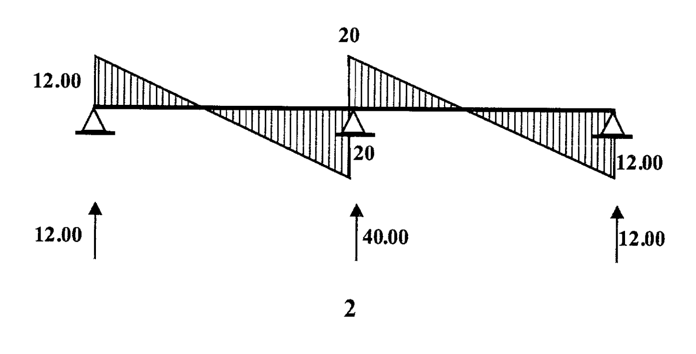
4 ـ يسمى محور الكمرة بعد التحميل وحدوث الانتقال، بالخط أو بالمنحني المرن (elastic curve) وهو يظل خطا مستمرا دون أية تغيرات مفاجئة . ويفترض في المعادلة التفاضلية للخط المذكور أن:

آ ـ المقاطع المستوية قبل التشوه تبقى مستوية بعده.

ب ـ تطبق الحمولات على طول محور تناظر الكمرة ومقاطع الكمرة متناظرة حول بالنسبة لمستوي التحميل.

ثانياً ـ يتوقع بناءاً على الافتراضات السابقة وعلى تكاملات المعادلة التفاضلية للخط المرن الحصول على مخطط العزوم الموضح في الشكل (5 ـ 1). كما يتوقع أن يكون مخطط القص وورود الأفعال كما في الشكل (5 ـ 2)، *مع ملاحظة أن العزم في منتصف المجاز ليس هو العزم الأعظمي*.





الشكل 5

1 ـ 4 ـ 3 تذكير بخطوات النمذجة

1 ـ 4 ـ 3 ـ 1 إنشاء نموذج الكمرة

كافة الأوامر المذكورة في هذه الفقرة مشروحة بالتفصيل في الجزء الأول.

يتم إنشاء نموذج الكمرة وفق تسلسل الأوامر والتعليمات التالية. كافة القوائم والأوامر المذكورة أدناه مشروحة في الجزء الأول.

1 ـ نتأكد من أن الواحدات (Ton - m) ثم ارسم الكمرة على المحور (X) كما يلي:

File → New Model from Template → Beam →
Number of Span = 2 , Span Length = 4 → OK

2 ـ نعدل المساند وفق الخطوات التالية:

Select All = Ctrl + A → Assign → Joint →
Restraints → Click → OK

3 ـ نعرف المواد:

Define → Material → CONC → OK

4 ـ نعرف المقاطع:

Define → Frame Sections → Modify Show /Section → Section Name = Beam
Material = CONC , Depth (t3) = 0.80 , Width (t2) = 0.30 → OK

5 ـ تعيين أو إسناد المقاطع:

Select All = Ctrl + A → Assign → Frame → Sections → Beam → OK

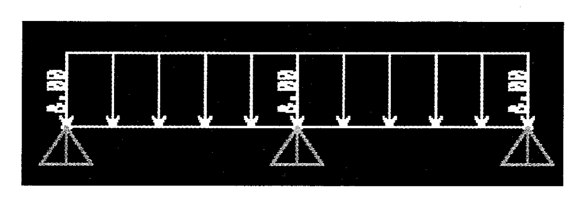
6 ـ نعرف حالة التحميل:

Define → Static Load Cases → Load = LOAD 1, Type = Other,
Self Weight = 0 → Change Load → OK

7 ـ تعيين أو إسناد الحمولات:

Select All = Ctrl + A → Assign → Frame Static Loads →
Point and Uniform → Load Case Name = LOAD 1 ,
Load Type and Direction = Forces , Uniform Load = 8 → OK

ونحصل بذلك على الشكل (6).



الشكل 6

8 ـ نعرِّف تراكيب الحمولات (حالة تحميل واحدة فقط):

Define → Load Combinations → Add New Combinations →
Load Combination Name = COMB1 , Load Combination Type = Add ,
Case Name = LOAD 1 , Scale Factor = 1 , Add →
Use for Concrete Design → OK→ OK

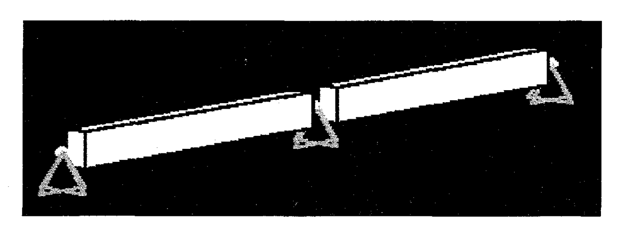
9 ـ تحديد عدد المقاطع أو محطات معاينة النتائج:

اختر كافة عناصر الكمرة ثم اضغط أمر (Frame) من قائمة (Assign) ومنه الخيار (Output Segment)، وأدخل الرقم (5) في صندوق الحوار الناتج للحصول على خمس مقاطع لقراءة النتائج في كل من مجازي الكمرة.. (انظر الفقرة 4 ــ 2 ــ 3 ــ 1 على الصفحة 157 من الجزء الأول).

- قبل البد بالتحليل تأكد مما يلي:

ـ قم بوضع مؤشر الماوس على أحد المجازين واضغط الزر الأيمن للتأكد من طوله (Element Length = 4) وكرر هذه العملية على المجاز الثاني .. أو يمكن التأكد بنفس الطريقة من إحداثيات العقد (نقاط الاستناد).

ـ قف على النافذة اليسرى بحيث يكون منظر الكمرة فراغيا (اضغط أيقونة D - 3). ثم اضغط الأمر (Set Element) من قائمة (View) وضع إشارة تحقق ☑ في صندوق الحوار الناتج بجانب الخيار (Show Extrusions) لرؤية الكمرة كما في الشكل (7).



الشكل 7

1 ـ 4 ـ 3 ـ 2 اختيار نوع التحليل

1 ـ اختر الأمر (Set Options) من قائمة (Analyze) فتحصل على صندوق الحوار الموضح في الشكل (8).

Analysis Options

1 Available DOFs
☑ UX ☐ RX
☐ UY ☑ RY
☑ UZ ☐ RZ

OK
Cancel

2 Fast DOFs
Space Frame | Plane Frame | Plane Grid | Space Truss
XZ Plane | XY Plane

3 ☐ Dynamic Analysis — 6 Set Dynamic Parameters
4 ☐ Include P-Delta — 7 Set P-Delta Parameters
5 ☑ Generate Output — 8 Select Output Options
9 Memory (KB) 20000

الشكل 8

1 ـ درجات الحرية المتوفرة.

2 ـ لتحديد درجات الحرية بشكل سريع.

3 ـ تحليل ديناميكي.

4 ـ تحليل (P - Δ).

5 ـ الإخراجات العامة التي يمكن توليدها.

6 و 7 و 8 ـ تحديد خيارات خاصة بحالات التحليل المختلفة.

9 ـ حجم الذاكرة المتاحة.

2 ـ اضغط في صندوق الحوار السابق على زر (XZ Plane) لتحديد درجات حرية المنشأ مع الانتباه جيداً إلى أن الكمرة المطلوبة منمذجة على المحور (X).. فلو كان النموذج منفذاً على المحور (Y) مثلاً لحدث هنا خطأ في التحليل.

3 ـ ضع إشارة تحقق [√] بجانب توليد النتائج (Generate Output).. (انظر الفقرة 2 ـ 3 ـ 4 من الفصل 2).

4 ـ اضغط زر الخيار (Select Output Options) لتحديد خيارات الإخراجات أو النتائج المطلوبة لتجد صندوق الحوار المشروح في الشكل (9)، ثم ضع إشارة تحقق بجانب كافة الخيارات المتاحة، واضغط (OK) لإغلاق كافة صناديق الحوار.

Select Output Results

1 Type of Analysis Results

2	☑ Displacements	Select/Show Loads	☐ Plane Stresses	Select/Show Loads
3	☑ Reaction/Spring Forces	Select/Show Loads	☐ Plane Joint Forces	Select/Show Loads
4	☑ Applied/Inertial Loads	Select/Show Loads	☐ Asolid Stresses	Select/Show Loads
5	☑ Frame Forces	Select/Show Loads	☐ Asolid Joint Forces	Select/Show Loads
6	☑ Frame Joint Forces	Select/Show Loads	☐ Solid Stresses	Select/Show Loads
	☐ Shell Forces	Select/Show Loads	☐ Solid Joint Forces	Select/Show Loads
	☐ Shell Stresses	Select/Show Loads	☐ NLLink Forces	Select/Show Loads
	☐ Shell Joint Forces	Select/Show Loads	☐ NLLink Joint Forces	Select/Show Loads

OK Cancel

الشكل 9

1 ـ نوع نتائج التحليل. 2 ـ الانزياحات. 3 ـ ردود الأفعال / القوى في النوابض إن وجدت. 4 ـ حمولات العطالة المطبقة. 5 ـ القوى في العناصر الإطارية. 6 ـ القوى في عقد العناصر الإطارية.

*** ملاحظة:**

يعطي الضغط على أي من خيارات (Select / Show Loads) الموضحة حالات التحميل وتراكيب الحمولات التي يطلب حساب النتائج المختارة عندها.

1 ـ 4 ـ 3 ـ 3 تنفيذ التحليل وأهم الملفات المولدة والمتعلقة بهذه العملية

1 ـ أعط البرنامج أمر التحليل بالضغط على المفتاح (F 5) أو من أمر (Run) في قائمة (Analyze)، أو بالنقر على الأيقونة ▶ ولكن قبل البدء بالتحليل قم بحفظ الملف باسم (BEAM) من أمر (Save) في قائمة (File) وفي أي موقع تختار.

- **ملاحظات حول حفظ ملف المسألة**

ـ لا يمكن للبرنامج القيام بالتحليل ما لم يتم حفظ الملف المعني باسم محدد... وفي حال عدم تنفيذ عملية الحفظ سيطلب البرنامج القيام بذلك فور إعطاءه أمر التحليل.

ـ إن بدء البرنامج بالتحليل يحفظ المسألة المعنية وفق آخر مدخلات تم اعتمادها . ومن أجل ذلك ينصح عادةً بحفظ المسألة المذكورة باسم آخر (Save as) من قائمة (File)، وإجراء التحليل على أحد الملفين القديم أو الجديد.

2 ـ تظهر أثناء عملية التحليل النافذة الموضحة في الشكل (10) والتي تحتوي على المعلومات التي تساعد على تنفيذ هذه العملية.

```
Analysis Complete

E L E M E N T   J O I N T - F O R C E   O U T P U T          19:04:36
NUMBER OF  FRAME ELEMENTS SAVED          =          2

F R A M E   E L E M E N T   O U T P U T                       19:04:36
NUMBER OF  FRAME ELEMENTS SAVED          =          2

A N A L Y S I S   C O M P L E T E            2001/07/26   19:04:36

                              OK
```

الشكل 10

3 ـ تعطي النافذة المذكورة في السطر الأخير منها رسالة (Analysis Complete) تدل على اكتمال التحليل.. ونلاحظ هنا أن أيقونة القفل في شريط الأدوات قد أغلقت.

وينصح قبل الضغط على زر (OK) الاطلاع على محتويات هذه النافذة من خلال شريط التمرير في الجهة اليمنى منها. كما ينصح بالاطلاع على محتويات أهم الملفات التي يولدها البرنامج بعد التحليل والموضحة في الفقرات التالية.. (انظر أيضاً الأمثلة أدناه).

1 ـ 4 ـ 3 ـ 4 الملف ذو اللاحقة (EKO):

يتم إنشاء هذا الملف أثناء تحقق البرنامج من إدخالات المسألة بعد أمر التحليل. وهو يحتوي على بيانات تنفيذ هذه العملية.

يمكن فتح هذا الملف بواسطة برامج تحرير النصوص مثل (Word) أو (Word Pad)، مع الإشارة إلى أن فتحه بواسطة برنامج (Word) قد يحتاج إلى بعض التنسيقات. (انظر الصفحة 215 من الجزء الأول). **ونحصل على الملف المذكور من أمر (Display Input / Output text Files) في قائمة (File).**

ويمكن كذلك نسخ محتويات الملف المذكور ضمن ورقة عمل من برنامج (Excel) مع إجراء بعض التنسيقات أيضاً.

نشير هنا إلى أنه في الحالة التي يحتوي فيها ملف الإدخال على أخطاء في النمذجة تظهر رسالة في السطر الأخير من النافذة السابقة (Analysis Incomplete) تدل على عدم اكتمال التحليل، وتبقى الأيقونة القفل المذكورة أعلاه بوضع الفتح.

وينصح هنا بمراجعة رسائل التحذير (warning) والخطأ (error) التي تظهر في النافذة السابقة من خلال شريط التمرير فيها، لمعرفة نوع وموقع الخطأ المرتكب. مع التذكير بأن رسائل التحذير لا تعيق تنفيذ التحليل في البرنامج، ولا تعبر بالضرورة عن وجود أخطاء، لكونها قد تعبر عن تجاوزات قام بها المستثمر عمداً أو عن غير قصد أثناء النمذجة.. في حين أن رسائل الخطأ تمنعه من إكمال التحليل.. (انظر المثال 7 في الفصل الثاني).

ومن الأمثلة التي تظهر فيها بعض رسائل التحذير بعد اكتمال التحليل، احتياج المنشأ المنمذج إلى درجة حرية معينة لم يتم إدخالها في المسألة.

1 – 4 – 3 – 5 الملف ذو اللاحقة (LOG):

يتم إنشاء هذا الملف أثناء عملية التحليل. وهو يحتوي على معلومات إحصائية وتنفيذية تتعلق بنتائج هذه العملية كما في الجدول (1)، حيث يعطي البرنامج الزمن من حيث الوقت والتاريخ عند بدء وانتهاء كل مرحلة فرعية من مراحل التحليل.

ويتم فتح هذا الملف أيضاً بواسطة برامج تحرير النصوص مثل (Word) أو (Word Pad) كما سبق من **خلال أمر (Display Input / Output text Files) في قائمة (File)**.

الجدول (1) - محتويات الملف ذي اللاحقة (Log)

Program sap2000 nonlinear version 7.21 File: Example 1.log	اسم البرنامج ورقم النسخة واسم الملف ولاحقته
BEGIN ANALYSIS PHASE	البدء بحالة التحليل
Memory Available for data (bytes)	حجم الذاكرة المخصصة لتخزين البيانات
JOINT ELEMENT FORMATION	تشكيل عناصر العقد
Number of joint elements formed	عدد درجات الحرية للعقد
Number of spring elements formed	عدد درجات الحرية للنوابض (إن وجدت)
FRAME ELEMENT FORMATION	تشكيل العناصر الخطية
Number of frame elements formed	عدد درجات الحرية للعناصر الخطية
EQUATION SOLUTION	حل المعادلات
Total number of equilibrium equations	العدد الكلي لمعادلات التوازن
Approximate "effective" band width	العرض الفعال التقريبي للمساند
Number of equation storage blocks	عدد قوالب تخزين المعادلات
Maximum block size	الحجم الأعظمي للقالب
Size of stiffness files (bytes)	حجم ملف (مصفوفة) القساوات

Number of equations to solve	عدد المعادلات اللازمة للحل
Number of static load cases	عدد حالات التحميل الستاتيكية
Number of acceleration loads	عدد حمولات التسارع (إن وجدت)
Number of nonlinear deformation loads	عدد حمولات التشوه اللاخطي (إن وجدت)
JOINTOUTPUT	إخراجات أو نتائج العقد
Global Force Balance Relative errors	أخطاء التوازن النسبة للقوى المحلية
Percent force and moment error at the origin, in global coordinates	النسبة المئوية للخطأ في العزم والقوة في المنشأ بالنسبة للإحداثيات المحلية.
Load FX FY FZ MX MY MZ	حالات التحميل
Comb max/min FX FY FZ MX MY MZ	تراكيب الحمولات
	نتائج القوى في العقد
FRAME ELEMENT OUTPUT	إخراجات أو نتائج العناصر الخطية
Number of frame elements saved	عدد العناصر الخطية المخزنة
Analysis complete	اكتمال التحليل

وهناك بعض الأوامر الأخرى التي تتعلق بأنواع المنشآت الأخرى وبحالة التحليل تم ذكرها في بعض الأمثلة التي تطلبت ذلك.

ينصح بمراجعة هذا الملف بعد التحليل للبحث عن الأخطاء والتحذيرات التي تظهر في النافذة المبينة في الشكل (10).

1 – 4 – 3 – 6 الملف ذو اللاحقة (OUT):

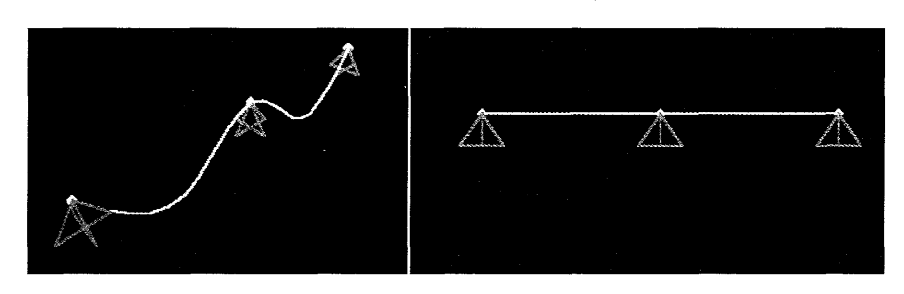
يتم إنشاء هذا الملف أثناء عملية التحليل أيضا. وهو يحتوي على النتائج التي يتم تحديدها من خلال الشكل (9)، **مع التنبيه إلى أن هذا الملف لن يطبع أية نتائج إذا لم تحدد الخيارات المذكورة وتحت حالات تحميل أو تراكيب معينة للحمولات وذلك من الخيارات المعنونة بـــ (Select / Show Loads) في الشكل المذكور.**

يفتح الملف المذكور من أمر (Display Input / Output text Files) في قائمة (File).

1 – 4 – 4 استعراض وقراءة نتائج التحليل

1 – 4 – 4 – 1 إخفاء وإظهار الشكل المشوه للمنشأ

1 – بعد انتهاء التحليل يظهر الشكل المشوه للمنشأ كما هو موضح أدناه . كما تظهر بعض الأيقونات الجديدة المشروحة الجدول (2) التالي دون أي تغير في القوائم المنسدلة. (ولكن تفعل فقط بعض الأوامر في هذه القوائم).



الشكل 11

2 – من أجل التدريب على استخدام الأدوات الموضحة في الجدول المذكور اضغط الأيقونة رقم (1) لإظهار الشكل غير المشوه للمنشأ في النافذة اليسرى.

3 – من أجل إعادة إظهار الشكل المشوه اضغط الأيقونة رقم (2) لتحصل على صندوق الحوار الموضح في الشكل (12).

Deformed Shape الشكل المشوه

1 Load LOAD1 Load Case

2 Scaling

3 Auto

4 Scale Factor 5000.

5 Options

6 Wire Shadow

7 Cubic Curve

OK

Cancel

الشكل 12

1 ـ حالات التحميل أو تراكيب الحمولات المطلوب رؤية الشكل المشوه تحتها. 2 ـ مقياس التشوه.

3 ـ تلقائي. 4 ـ معامل تكبير وتصغير مقياس الشكل المشوه (يمكن تكبير الرسم المشوه أو تصغيره).

5 ـ خيارات. 6 ـ ظل خطوط المنشأ قبل التشوه.

7 – رسم خط التشوه كمنحني تكعيبي من الدرجة الثالثة.

الجدول (2) ـ الأيقونات أو الأدوات الجديدة بعد التحليل			
الرقم	شكل الأيقونة	اسم الأيقونة	مهمة الأيقونة
1		Show Unformed Shape	إظهار الشكل غير المشوه للمنشأ في النافذة المفعلة (تمحي كافة المخططات الموجودة).. = F4
2		Display Static Deformed Shape	إظهار الشكل المشوه للمنشأ في النافذة المفعلة تحت حالة تحميل معينة.. = F6
3		Display Mode Shape	إظهار طور اهتزاز معين (في حالات التحليل الديناميكي).
4	J	Joint Reaction Forces	إظهار ردود الأفعال في المساند أو القوى الداخلية في النوابض.
5	F	Member Force Diagram for Frames	إظهار مخططات القوى الداخلية في العناصر الإطارية (قوى محورية ، قص ، عزوم انعطاف ، عزوم فتل).
6	S	Element Force / Stress Contours for Shells	إظهار القوى الداخلية والإجهادات في العناصر القشرية.
7		Display Output Tables	عرض النتائج الخاصة بعنصر معين بشكل جدولي حسب عدد المحطات المختارة.

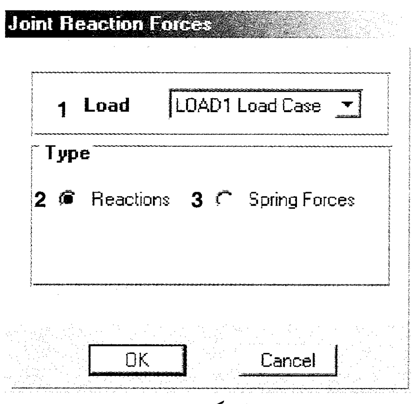
1 ـ 4 ـ 4 ـ 2 قراءة ردود أفعال المساند (والقوى في النوابض في حال وجودها)

1 ـ اضغط الأيقونة رقم (4) في الجدول (1) أو استخدم أوامر القوائم كما يلي:

Display → Show Element Forces / Stress → Joint

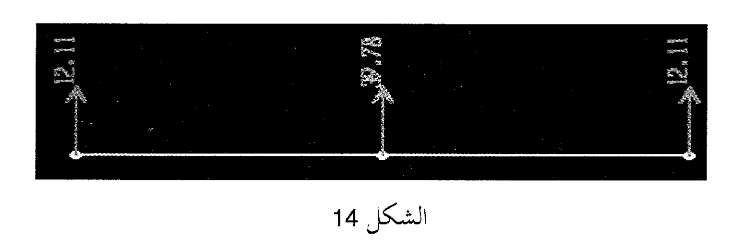
لتحصل على صندوق الحوار الموضح في الشكل (13).

2 ـ اختر حالة التحميل (LOAD1) وحدد خيار (Reactions ـ ردود الأفعال)، ثم اضغط (OK) لتحصل على الشكل (14).. (لاحظ أن مجموع ردود الأفعال يساوي الحمولة الكلية).



الشكل 13

1 ـ حالات التحميل أو تراكيب الحمولات المطلوبة. 2 ـ ردود الأفعال. 3 ـ القوى في النوابض.



الشكل 14

3 ـ من أجل قراءة رد الفعل بشكل أوضح في أي مسند ضع سهم الماوس على هذا المسند في النافذة الموضحة في الشكل السابق ثم اضغط الزر الأيمن.. فمن أجل المسند الوسطي مثلا نجد الشكل (15)... ويمكن أيضا الانتقال لقراءة ردود الأفعال في عقد أخرى بوضع مؤشر الماوس فوق أي منها ونقر الزر الأيمن دون إغلاق هذه النافذة. .. لاحظ كيف أن العقدة المطلوبة تومض كنقطة حمراء.

Joint Reactions

Joint ID 2

	1	2	3
Force	0.000	0.000	39.776
Moment	0.000	0.000	0.000

الشكل 15

Force = رد الفعل باتجاه المحاور المحلية (1 و 2 و 3) للعقدة. (انظر الفقرة 4 ـ 1 ـ 2 من الفصل الرابع في الجزء الأول).

Moment = العزوم حول المحاور المحلية المذكورة.

1 – 4 – 4 – 3 إظهار مخططات الأفعال الداخلية على المنشأ

يمكن معاينة مخططات العزوم والقص والأفعال الداخلية الأخرى كما يلي:

1 – اضغط الأيقونة رقم (5) في الجدول (1) أو استخدم أوامر القوائم كما يلي:

Display → Show Element Forces / Stress → Frames

لتحصل على صندوق الحوار الموضح في الشكل (16).

Member Force Diagram for Frames

1 Load LOAD1 Load Case

Component
2 Axial Force 5 Torsion
3 Shear 2-2 6 Moment 2-2
4 Shear 3-3 7 Moment 3-3

Scaling
8 Auto
9 Scale Factor

10 Fill Diagram
11 Show Values on Diagram

OK Cancel

الشكل 16

1 ـ حالات التحميل أو تراكيب الحمولات المطلوبه.

2 – القوي المحوريه. 3 – قوي القص حول المحور (2 2).

4 – قوي القص حول المحور (3 3). 5 – الفتل (المحور 1 1).

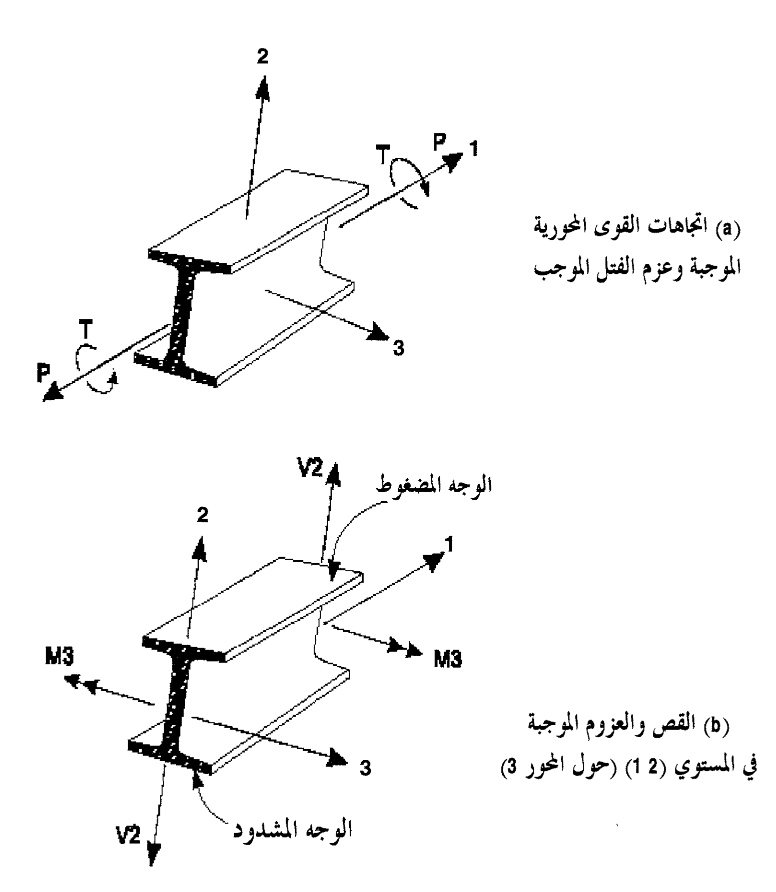
6 – عزم الانعطاف حول المحور (2 2). 7 ـ عزم الانعطاف حول المحور (3 3). 8 – مقياس تلقائي لرسم المخططات.

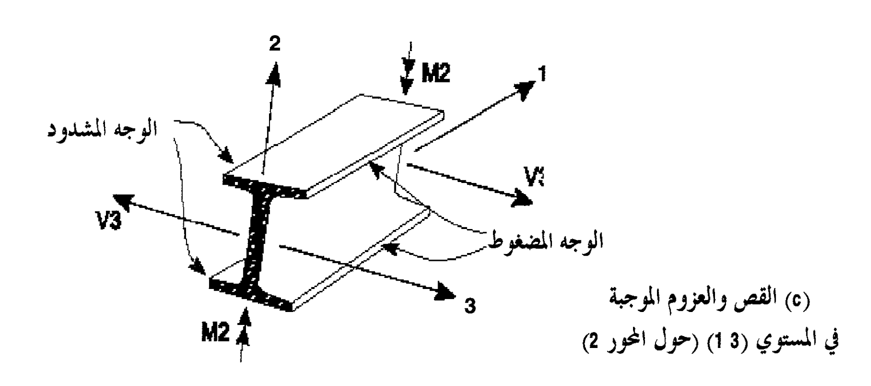
9 – معامل تكبير وتصغير مقياس رسم المخططات.

10 – إظهار مخططات ممتلئه. 11 – إظهار القيم على المخطط (مخططات مهشره).

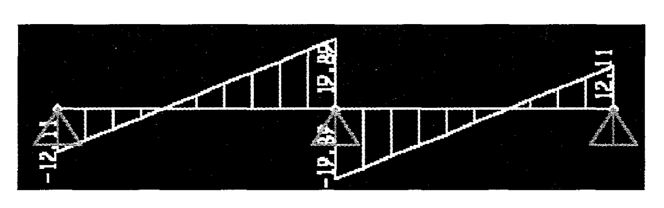
ـ من أجل الاتجاهات الموجبه للأفعال الداخليه انظر الشكل (17) والفقرتين (1ـ 1 ـ 1 ـ 3) و (1 ـ 2) من الفصل الأول في الجزء الأول.

2 ـ لمعاينة مخطط قوى القص حدد في صندوق الحوار المبين في الشكل (16) حالة التحميل (LOAD1) وضع إشارة ⦿ بجانب خيار (Shear 2 - 2) ثم ضع إشارة تحقق ☑ بجانب خيار (Show Value On Diagram)، واضغط (OK) لتحصل على المخطط المطلوب كما في الشكل (18).



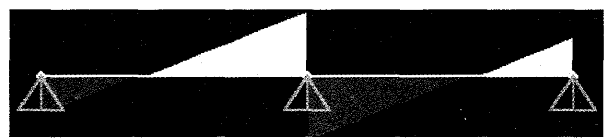


الشكل 17 ـ الاتجاهات الموجبة للأفعال الداخلية في العناصر الإطارية.



الشكل 18

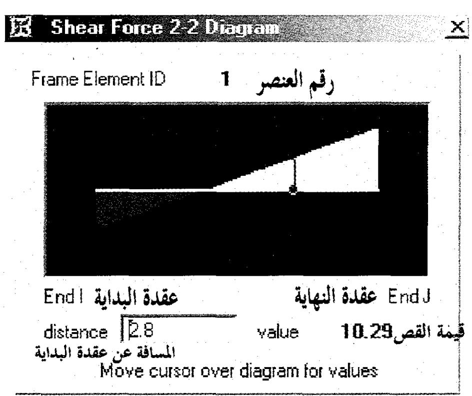
3 ـ لمعاينة مخطط قوى القص بطريقة أخرى استبدل في البند السابق خيار (Show Value On Diagram) بخيار (Fill Diagram)، واضغط (OK) لتحصل على المخطط المطلوب كما في الشكل (19).



الشكل 19

يقوم البرنامج بإعداداته التلقائية بتلوين القص الموجب باللون الأصفر والسالب باللون الأحمر. وللتأكد من إشارة القوى المذكورة قم بوضع مؤشر الماوس فوق أي من المجازين وانقر الزر الأيمن لتحصل على الشكل (20) والذي يمثل تفصيلات المخطط السابق في المجاز المختار.. حاول تحريك مؤشر الماوس على خط المجاز ولاحظ تغيرات القيم.

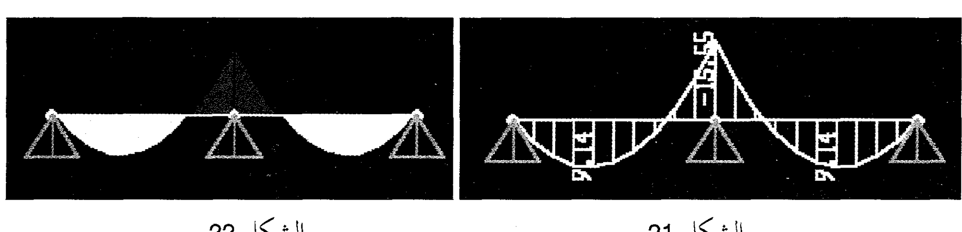
ويمكن هنا الانتقال لقراءة قوى القص في عنصر آخر بوضع مؤشر الماوس فوقه والنقر فوق الزر الأيمن دون إغلاق هذه النافذة.



الشكل 20

4 ـ لمعاينة مخطط عزم الانعطاف حدد في صندوق الحوار المبين في الشكل (16) حالة التحميل (LOAD1). وضع إشارة ◉ بجانب خيار (M3-3) ثم ضع إشارة تحقق ☑ بجانب أحد الخيارين (Show Value On Diagram) أو (Fill Diagram)، واضغط (OK) لتحصل على المخطط المطلوب بأحد الشكلين (21 و 22) كما سبق، واللذان يمكن إظهارهما معا في نافذتي العرض.

ويمكن هنا معاينة مخطط العزوم في أي عنصر خطي كما في البند (3) السابق تماما.

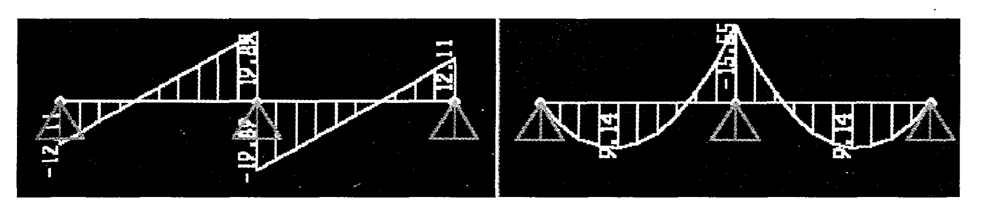


الشكل 22 الشكل 21

5 ـ أعد معاينة مخططات القص والعزوم كما في البندين (2 و 4) بعد تغير حالة التحميل في الشكل (17) من (LOAD 1) إلى حالة تركيب هذه الحمولة (COMB 1) (مع تذكر أن القيمتين متساويتين) وستلاحظ أن شكل مخطط العزوم مثلا تحول من منحني انسيابي إلى منحني مضلع وذلك بحسب عدد المحطات المعتمدة في البند (9) من الفقرة (1 ـ 4 ـ 3 ـ 1).

- **ملاحظات حول عرض وطباعة مخططات الأفعال الداخلية**

1 ـ يمكن إظهار مخططات العزوم والقص (وغيرها من الأفعال إن وجدت) بوقت واحد على نوافذ العرض المفعلة ضمن الشاشة كما في الشكل (23).



الشكل 23

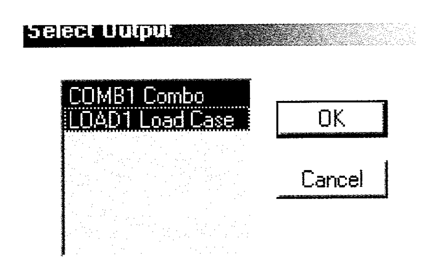
2 ـ إذا لم تكن هناك مخططات معروضة على المنشأ فإن الضغط بزر الماوس الأيمن على أية عقدة أو عنصر يعطي خصائص هذه العقدة أو العنصر.

3 ـ يعبر العزم الذي يظهر في المجازات عن القيمة العظمى له وليس عن العزم في المنتصف.

4 ـ يمكن طباعة أي مخطط باستخدام الأمر (Print Graphics = Ctrl + G) من قائمة (File).

1 ـ 4 ـ 4 ـ 4 قراءة بعض النتائج بشكل مجدول

1 ـ استخدم الأمر (Set Output Table Mode = Shift + F12) من قائمة (Display)، أو اضغط الأيقونة ▦ للحصول على صندوق الحوار الموضح في الشكل (24)، والذي يعطي خيارات حالات التحميل وتراكيب الحمولات .. ويمكن اختيار أية حالة أو تركيب نرغب في معاينة النتائج عنده، كما يمكن اختيار عدة حالات بمساعدة المفتاح (Shift) أو اختيار كافة الحالات كما هو مبين.



الشكل 24

2 ـ نلاحظ بعد الضغط على (OK) في البند السابق اختفاء المخططات التي كانت موجودة على المنشأ.

ضع سهم الماوس على أي عنصر (المجاز الأيسر مثلا) ثم اضغط الزر الأيمن للحصول على النتائج المطلوبة كما في الشكل (25).

3 ـ يمكن زيادة عدد المقاطع أو محطات معاينة النتائج في أي عنصر بالضغط على أمر (Frame) من قائمة (Assign)، ثم الخيار (Output Segment).

4 ـ يتفرع عن قائمة (File) في صندوق الحوار السابق الأوامر التالية:

ـ (Print Setup) من أجل إعدادات الطباعة (انظر الفقرة 1 ـ 4 ـ 4 ـ 7 أدناه).

FRAME ELEMENT FORCES

File

FRAME	LOAD	LOC	P	V2	V3	T	M2	M3
1	LOAD1							
		0.00	0.00	-12.11	0.00	0.00	0.00	0.00
		8.0E-01	0.00	-5.71	0.00	0.00	0.00	7.13
		1.60	0.00	6.880E-01	0.00	0.00	0.00	9.14
		2.40	0.00	7.09	0.00	0.00	0.00	6.03
		3.20	0.00	13.49	0.00	0.00	0.00	-2.20
		4.00	0.00	19.89	0.00	0.00	0.00	-15.55
1	COMB1							
		0.00	0.00	-12.11	0.00	0.00	0.00	0.00
		8.0E-01	0.00	-5.71	0.00	0.00	0.00	7.13
		1.60	0.00	6.880E-01	0.00	0.00	0.00	9.14
		2.40	0.00	7.09	0.00	0.00	0.00	6.03
		3.20	0.00	13.49	0.00	0.00	0.00	-2.20
		4.00	0.00	19.89	0.00	0.00	0.00	-15.55

الشكل 25

1 ـ رقم العنصر الإطاري. 2 ـ حالات التحميل و وتراكيب الحمولات. 3 ـ المحطة (انظر البند 9 من الفقرة 1 ـ 4 ـ 3 ـ 1 أعلاه). 4 ـ القوى المحورية (P). 5 ـ قوى القص باتجاه المحور المحلي (2 − 2). 6 ـ قوى القص باتجاه المحور المحلي (3 − 3). 7 ـ قوى الفتل. 8 ـ عزوم الانعطاف حول المحور (2 − 2). 9 ـ عزوم الانعطاف حول المحور (3 − 3).

ـ (Print Tables) لطباعة الجداول المبينة.

ـ (Print Tables to File) لحفظ الجداول على ملف آخر. وفي هذه الحالة تظهر نافذة تطلب منا تحديد اسم ومكان حفظ الملف الجديد.

حاول تنفيذ الأمر الأخير.. ثم افتح الملف الجديد (يفتح بواسطة Notepad) للحصول على الشكل (26).

ـ يمكنك نسخ محتويات هذا الملف ولصقه ضمن ورقة عمل من برنامج (Excel) أو ضمن وثيقة من وثائق برنامج (Word) أو غيره .. والهدف من ذلك إعادة إخراج شكل هذا الملف بغية الطباعة الورقية.

Example 1 - Notepad

File Edit Search Help

SAP2000 v7.21 File: EX1 Ton-m Units PAGE 1
7/30/01 9:50:33

F R A M E   E L E M E N T   F O R C E S

FRAME	LOAD	LOC	P	V2	V3	T	M2	M3
1	LOAD1							
		0.00	0.00	-12.11	0.00	0.00	0.00	0.00
		8.0E-01	0.00	-5.71	0.00	0.00	0.00	7.13
		1.60	0.00	6.880E-01	0.00	0.00	0.00	9.14
		2.40	0.00	7.09	0.00	0.00	0.00	6.03
		3.20	0.00	13.49	0.00	0.00	0.00	-2.20
		4.00	0.00	19.89	0.00	0.00	0.00	-15.55
1	COMB1							
		0.00	0.00	-12.11	0.00	0.00	0.00	0.00
		8.0E-01	0.00	-5.71	0.00	0.00	0.00	7.13
		1.60	0.00	6.880E-01	0.00	0.00	0.00	9.14
		2.40	0.00	7.09	0.00	0.00	0.00	6.03
		3.20	0.00	13.49	0.00	0.00	0.00	-2.20
		4.00	0.00	19.89	0.00	0.00	0.00	-15.55

الشكل 26

1 ـ 4 ـ 4 ـ 5 معاينة وطباعة ملف الإدخال

1 ـ اختر من قائمة (File) الأمر (Print Input Tables = Ctrl + I) لتحصل على صندوق الحوار المبين في الشكل (27).

2 ـ يمكن كما سبق نسخ محتويات ملف الإدخال المحفوظ في ملف جديد ولصقه ضمن ورقة عمل من برنامج (Excel) أو ضمن وثيقة من وثائق برنامج (Word) أو غيره.

ومن أجل المسألة المعطاة نلاحظ أن هذا الملف يحتوي على معلومات تفصيلية من أهمها:

ـ اسم البرنامج ورقم الإصدار واسم الملف وواحدات القياس المعتمدة، والوقت والتاريخ ورقم كل صفحة.. (sap2000 v7.21 file: example1, ton-m units, page .., Date and time).

ـ حالات التحميل الستاتيكي ونوعها ومعامل تصعيد الوزن الذاتي.(**static load cases type-load1, other - self wt factor 0.0000**).

ـ كافة البيانات المتعلقة بالعقد (joint data).

ـ كافة البيانات المتعلقة بالمواد (material data).

الشكل 27

1 ـ بيانات العقد. 2 ـ الإحداثيات. **3 ـ بيانات العناصر.** 4 ـ العناصر الإطارية. 5 ـ الحمولات الستاتيكية. 6 ـ على العناصر الإطارية. 7 ـ معلومات منوعة أخرى. 8 ـ الخصائص. 9 ـ المجموعات. 9 ـ اختيار حالة التحميل. 11 ـ الطباعة إلى ملف آخر (كما في البند (4) من الفقرة السابقة. 12 ـ إضافات. 13 ـ اسم ومكان حفظ الملف الجديد.

ـ كافة البيانات المتعلقة بالتحليل والتصميم.

ـ بيانات ومعلومات أخرى تتعلق بنوع المسألة.

ـ ينصح بالاطلاع على هذا الملف... انظر المثال 10 في الفصل الثالث.

1 ـ 4 ـ 4 ـ 6 معاينة وطباعة ملف الإخراج أو النتائج

1 ـ اختر من قائمة (File) الأمر (Print Output Tables = Ctrl + B) لتحصل على صندوق حوار مشابه للشكل (27).

2 ـ حدد خيارات الإخراج المطلوبة ثم احفظ هذا الملف.

3 ـ من الضروري فتح الملف المذكور والاطلاع على محتوياته مع ملاحظة ما يلي:

ـ يعطي البرنامج في هذا الملف بشكل عام قيم الأفعال الداخلية (عزوم انعطاف وفتل وقوى محورية وقاصة في حال وجودها) لكافة العناصر بحيث تكون معنونة كما يلي. (انظر الفقرة 1 ـ 3 ـ 4) على الصفحة (25) من الجزء الأول، والمثال 10 في الفصل الثالث.

(FRAME ELEMENT JOINT FORCES) ـ القوى في عقد العناصر الإطارية.

(SHELL ELEMENT JOINT FORCES) ـ القوى في عقد العناصر القشرية.

(PLANE ELEMENT JOINT FORCES) ـ القوى في عقد العناصر المستوية.

(ASOLID ELEMENT JOINT FORCES) ـ القوى في عقد العناصر من نوع (ASOLID).

(SOLID ELEMENT JOINT FORCES) ـ القوى في عقد العناصر الكتلية.

(NLLINK ELEMENT JOINT FORCES) ـ القوى في عقد العناصر أو المساند اللاخطية.

ـ يتم الترميز للقوى العقدية كما يلي:

حينما تنسب هذه الأفعال إلى جملة الإحداثيات العامة:

FX , FY , FZ , MX , MY , MZ

حينما تنسب هذه الأفعال إلى جملة الإحداثيات المحلية:

F1 , F2 , F3 , M1 , M2 , M3

يرمز للانتقالات (U) وللدورانات (R) بالنسبة لجمل المحاور المحلية بالرموز:

U1 , U2 , U3 ,R1 , R2 , R3

1 ـ 4 ـ 4 ـ 7 مهام وإعدادات الطباعة

من أجل إعداد طباعة النتائج اضغط الأمر (Print setup = Ctrl + P) من قائمة (File)، واختر الإعدادات المطلوبة بحسب خيارات الشكل (28).

1 ـ 4 ـ 5 نتائج الأفعال العقدية للعناصر المحددة

تعرف الأفعال في أي عقدة من أي عنصر محدد بأنها القوى الناظمية وقوى القص وعزوم الانعطاف والفتل المطبقة في هذه العقدة حيث تولد الانتقالات والدورانات فيها. وينبغي التمييز بينها وبين الأفعال الداخلية في العنصر.

Print Page Setup

1 No Page Ejects
2 Color Printer (Graphics)
Lines per Page
3 Default
4 User Defined 40
5 Titles
6 Project
EYD Project
7 Data
Example 1
8
OK Cancel Setup

الشكل 28

1 ـ لطباعة كامل الورقة حتى ولو وجدت فواصل بين الصفحات (تفعيل هذا الخيار يلغي الخيارين 3 و 4).
2 ـ طباعة ملونة. 3 ـ تنسيق تلقائي للطباعة يعمل على تقسيمها بحسب فواصل الصفحات التلقائي.
4 ـ تحديد عدد السطور في الصفحة. 5 ـ العناوين المطلوب إضافتها للنتائج المراد طباعتها .
6 ـ اسم المشروع. 7 ـ معلومات أخرى. 8 ـ إعدادات الطابعة.

تنسب الأفعال العقدية إلى جملة المحاور المحلية للعقد والتي توافق في حالاتها التلقائية أو الافتراضية (Default) المحاور العامة.

إذا كانت جملة المحاور المحلية للعقد مستقلة عن العامة، فيرمز للأفعال العقدية في ملفات الإخراج بالرموز (F1 , F2 , F3, M1 , M2 , M3).. أما إذا كانت موافقة لها فيرمز لهذه الأفعال بالرموز (FX , FY , FZ, MX , MY , MZ). وتكون موجبة إذا كانت الانتقالات والدورانات الناجمة عنها موجبة (انظر الفصل الأول من الجزء الأول).

1 ـ 4 ـ 6 مناقشة هامة لنتائج التحليل

تدل مقارنة الشكلين (5) و (23) على وجود فروقات بسيطة في قيم العزوم وقوى القص بين القيم المتوقعة في الطرق المألوفة لحساب الإنشاءات وبين نتائج البرنامج، بالرغم من إهمال الوزن الذاتي للكمرة في الحالتين، واعتبار حالة تحميل واحدة فقط في المسألة المعطاة.

فالعزم السالب المتوقع في المسند الوسطي مثلاً هو (16.00 T . m -) والعزم الموجب في منتصف المجاز هو (8.00 T . m +) في حين أن نتائج البرنامج تعطي القيمتين (15.55 -) و (8..22 +) على التوالي. وبالرغم من ضآلة هذا الفرق إلا أنه يدعو للتساؤل.

نشير هنا إلى أن القيمة العظمى للعزم الموجب والناتجة من البرنامج في المجاز (9.17 T . m) تكون على بعد (1.52 m) من المسند الطرفي أي عند نسبة (38%) من طوله. ويمكن الحصول على العزم في المنتصف بتقسيم المجاز إلى عدد زوجي من المحطات (Segment) وقراءة النتيجة عند الموقع المذكور.

تعود الفروقات في القيم المذكورة إلى عدة أسباب من أهمها:

1 ـ تهمل طرق حساب الإنشاءات المألوفة تأثيرات تشوهات كلٍ من القوى الناظمية والقص في الكمرات الخطية.

2 ـ تهمل الطرق المألوفة تأثير الحد المتعلق بالسهم الناجم عن القص في معادلة التشوه المرن، في حين أن البرنامج لا يهمل أياً من الاعتبارات السابقة إذا لم يتخذ المستثمر أي إجراء أثناء النمذجة من شأنه أن يهمل ذلك.

وفي حال عدم إهمال الحد المذكور تقل قيمة عزم الانعطاف المحسوب.. ويمكن العودة إلى قوانين الطاقة المتعلقة بنظريات حساب الإنشاءات للتأكد من ذلك.

ـ يمكننا الحصول على نفس النتيجة المتوقعة في حال قمنا بتعديل المقطع السابق إلى مقطع صغير الأبعاد قدر الإمكان. كأن نعتبر أن مقطع الكمرة هو (0.01 x 0.005 m).. ويتم القيام بذلك كما يلي:

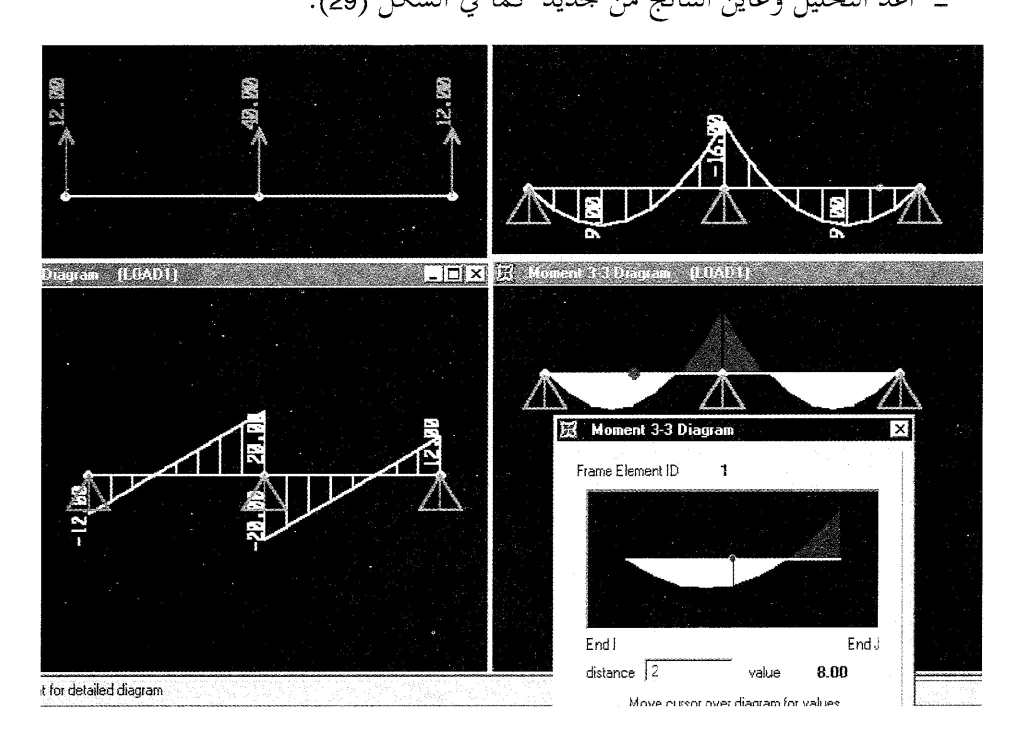
ـ لتعديل أبعاد المقطع قم بما يلي:

Select All = Ctrl + A $\rightarrow$ Assign $\rightarrow$ Frame $\rightarrow$ Sections $\rightarrow$
Modify / Show Section $\rightarrow$ Depth (t3) = 0.01 , Width (t2) = 0.005 $\rightarrow$ OK

ـ أعد اختيار كافة عناصر الكمرة (Ctrl + A) ثم اضغط أمر (Frame) من قائمة (Assign) ومنه الخيار (Output Segment)، وأدخل الرقم (2) في صندوق الحوار الناتج للحصول على

محطتين أو مقطعين فقط لقراءة النتائج في كل من مجازي الكمرة.

- أعد التحليل وعاين النتائج من جديد كما في الشكل (29).



الشكل 29

• ملاحظة حول تأثير معامل بواسون على النتائج

باعتبار أن معامل مرونة القص (g_{12}) يستخدم لحساب قساوة القص العرضي وقساوة الفتل ويحسب بدلالة (e_1) ونسبة بواسون (u_{12})، فحاول تغيير قيمة هذا المعامل من أمر (Materials) في قائمة (Define)، ثم أعد التحليل ولاحظ تغير النتائج.

تبين المناقشة السابقة كيف أن استخدام برامج الكمبيوتر الإنشائية بشكل عام ومنها (SAP 2000) يحتاج لقراءة ومعالجة النتائج بشكل دقيق وعميق قبل اعتمادها. الأمر الذي يتطلب قاعدة نظرية تمكن المهندس الإنشائي من تفهم آلية العمل في هذه البرامج ومحاكمة النتائج بالشكل الصحيح.

1 ـ 4 ـ 7 مثال 2 ـ نمذجة وتحليل بلاطة بسيطة

يطلب تحليل البلاطة المصمتة الموضحة في الشكل (30) وإيجاد الأفعال الداخلية فيها علماً بأن:

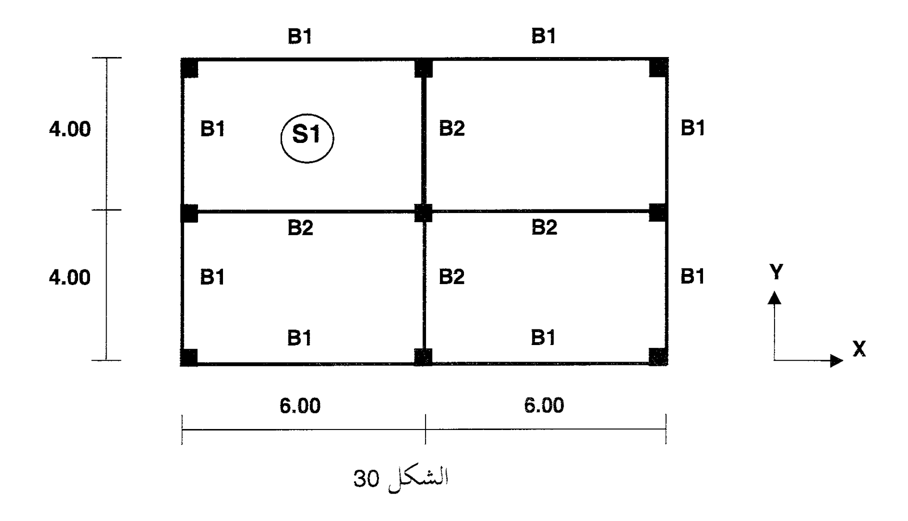
ـ البلاطة من الخرسانة المسلحة بسماكة (0.20 m).

ـ تستند على كمرات:

محيطية أبعاد مقاطعها (B 1 = 0.25 x 0.50 m)

وداخلية أبعاد مقاطعها (B 2 = 0.25 x 0.70 m).

ـ الحمولات المطبقة الكلية ($q = 1\ T/m^2$) بما فيها الوزن الذاتي.



الشكل 30

1 ـ 4 ـ 7 ـ 1 الهدف من هذا المثال

1 ـ التذكير بشكل مختصر بخطوات نمذجة العناصر القشرية (حسب ما ورد في الجزء الأول).

2 ـ شرح أكبر قدر من خطوات وأوامر تنفيذ التحليل الستاتيكي العادي لهذه العناصر والتي لم ترد في المثال الأول، وقراءة نتائج التحليل من خلال أبسط الأمثلة.

3 ـ مقارنة الحساب بطريقة العناصر المحددة والتي يعمل البرنامج من خلالها مع طرق الحساب

الإنشائي المألوفة .

4 ـ يصلح تطبيق النتائج المستخلصة والمعلومات التي سيتم تعلمها من خلال هذا المثال البسيط على المنشآت القشرية الأكثر تعقيداً .

1 ـ 4 ـ 7 ـ 2 إنشاء نموذج المسألة

ـ تأكد من أن الواحدات هي (Ton - m)

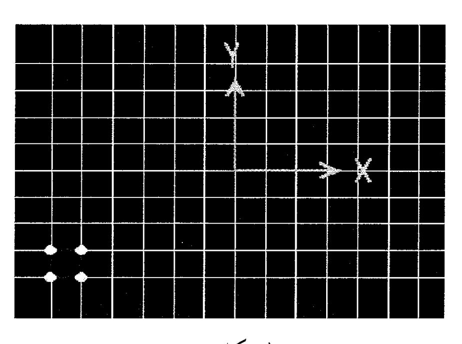
1 ـ **أنشئ الشبكة** بتباعد (1 m) في الاتجاهين وفي المستوي (XY) كما يلي... (يمكن اختيار أي تباعد آخر للشبكة، مع الإشارة إلى أن تصغيرها يرفع دقة الحل ولكن يزيد كثيراً من عدد العناصر المحددة وبالتالي من زمن تنفيذ التحليل ويكبر ملف النتائج):

File → New Model = Ctrl + N →

Number of Grid Spaces (X Direction = 12 , Y Direction = 8 , Z Direction = 0)

- Grid Spacing (X Direction = 1 , Y Direction = 1 , Z Direction = 1) → OK

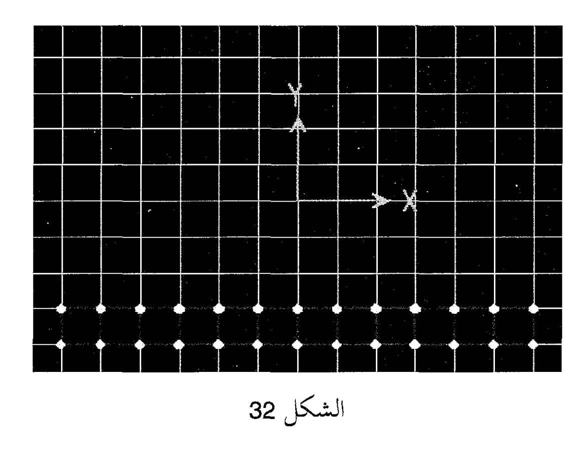
2 ـ من أجل امتلاك مهارات البرنامج اضغط على أداة الرسم السريع للعناصر القشرية (Quick Draw Rectangular Shell Element) [▪] **وارسم العنصر القشري الجزئي الأول** في الزاوية اليسرى السفلى من الشبكة المختارة في المستوي (XY) كما في الشكل (31).



الشكل 31

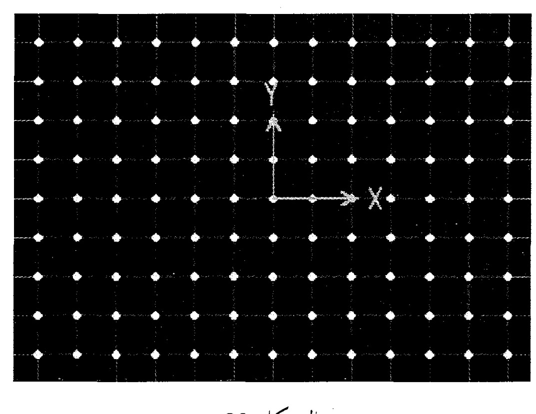
3 ـ **اختر العنصر المرسوم** بالنقر عليه بمؤشر الماوس، ثم كرره على المحور (X) من خلال أمر (Replicate = Ctrl + R) في قائمة (Edit). وأدخل في صندوق الحوار الناتج وفي خيار (Linear)

القيم (X = 1 , Number = 11). ثم اضغط (OK) لتحصل على الشكل (32).



الشكل 32

ـ بعد اختيار كافة العناصر الجديدة (Ctrl + A) **كرر العملية السابقة** على المحور (Y) من إدخال القيم (Y = 1 , Number = 7) في صندوق الحوار الناتج وفي خيار (Liner). (لا تنس إعادة X = 0) ثم اضغط (OK) لتحصل على الشكل (33) والذي يمثل البلاطات المطلوبة.



الشكل 33

4 ـ **أنشئ الكمرات** في مواقعها باستخدام أداة (Draw Frame Element) في قائمة (Draw) مع الانتباه لتقسيمها كل (1 m) حسب شبكة البلاطات.

5 ـ عرف المواد:

Define → Material → CONC → OK

6 ـ عرف مقاطع البلاطات:

Define → Shell Sections → Add New Section →

Section Name = S , Material = CONC

Thickness (Membrane = 0.20 , Bending = 0.20 → Type = Plate → OK

7 ـ عرف مقاطع الكمرات:

Define → Frame Sections → Add I / Wide Flange → Add Rectangular

Section Name = B1 , Material = CONC

Depth (t3) = 0.50 , Width (t2) = 0.25 → OK

Add Rectangular → Section Name = B2 , Material = CONC

Depth (t3) = 0.75 , Width (t2) = 0.25 → OK

8 ـ عرف حالة التحميل:

Define → Static Load Cases → Load = LOAD 1, Type = Other,

Self Weight = 0 → Change Load → OK

9 ـ عرف تراكيب الحمولات (حالة تحميل واحدة فقط):

Define → Load Combinations → Add New Combinations →

Load Combination Name = COMB1 , Load Combination Type = Add ,

Case Name = LOAD 1 , Scale Factor = 1 , Add →

Use for Concrete Design → OK → OK

10 ـ عين مقاطع البلاطة:

Select All = Ctrl + A → Assign → Shell → Sections → SLAB → OK

11 ـ عين مقاطع الكمرات:

اختر الكمرات المحيطية (B1) بنوافذ مطاطية باستخدام سهم الماوس:

Assign → Frame → Sections → B1 → OK

اختر الكمرات الداخلية (B2):

Assign → Frame → Sections → B2 → OK

12 ـ عين الحمولات:

Select All = Ctrl + A → Assign → Shell Static Loads →

Uniform → Load Case Name = LOAD 1 , Uniform Load = 1 →

Direction = Gravity → OK

13 ـ عين المساند بافتراضها مفصلية في نقاط أو عقد تقاطع الكمرات.

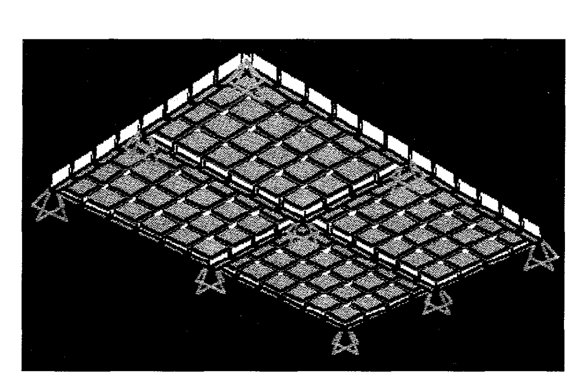
ـ حاول أخير وقبل التحليل معاينة البلاطة المطلوبة في النافذة الفراغية كما يلي:

View → Set Element = Ctrl + E → Show Extrusions ☑ → OK

View → Set 3D View = Shift + F3 →

Plan = 225 , Elevation = -30 , Aperture = 30 → OK

يظهر الشكل (34) →



الشكل 34

ـ قم بحفظ المسألة باسم (SLAB).

14 ـ اختر نوع التحليل

Analyze → Set Options → XY Plane → OK

ـ ضع إشارة تحقق ☑ بجانب (Generate Output).

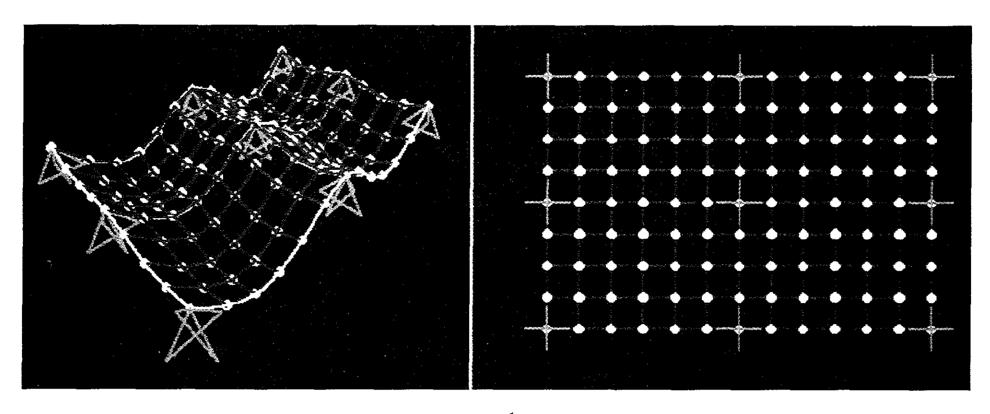
ـ اضغط زر الخيار (Select Output Options) لتحديد خيارات النتائج (انظر صندوق الحوار المشروح في الشكل 9) السابق.. ثم اضغط (OK).

1 ـ 4 ـ 7 ـ 3 قراءة نتائج تحليل البلاطات

أولا ـ الشكل المشوه وقراءة انتقالات ودورانات العقد

1 ـ أعط البرنامج أمر التحليل بالضغط على المفتاح (F 5)، أو من أمر (Run) في قائمة (Analyze)، أو بالنقر على الأيقونة ▶ وتأكد من اكتمال التحليل بظهور رسالة (Analysis Complete) دون تحذيرات (Warning) في هذه المسألة، ومن أجل ذلك راجع بيانات النافذة التي تظهر بعد اكتمال التحليل أو الملف ذي اللاحقة (EKO). (لاحظ أن أيقونة القفل 🔒 في شريط الأدوات قد أغلقت ـ (انظر البند 4 من الفقرة 1 ـ 4 ـ 3 ـ 3).

2 ـ نحصل بعد التحليل على الشكل المشوه للمنشأ (الشكل 35 الأيسر) . ويمكن إخفاء هذا الشكل في النافذة المفعلة من أمر (Show Unformed Shape) أو الأيقونة ◎ أو من المفتاح (F4).



الشكل 35

3 ـ يمكن قراءة دورانات وانتقالات العقد ضمن الشكل المشوه حصرا كما يلي:

ـ ضع مؤشر الماوس في الشكل المشوه فوق أية عقد داخلية من البلاطات ولتكن العقدة

الداخلية الأقرب إلى إحدى الزوايا.

ـ اضغط الزر الأيمن للماوس للحصول على النافذة الفرعية الموضحة في الشكل (36) والتي تبين الانتقالات والدورانات بالنسبة للمحاور المحلية للعقدة والتي توافق هنا المحاور العامة. ولاحظ وميض هذه العقدة باللون الأحمر في الحالة التلقائية للألوان (Default).

Joint Displacements

Joint ID 96

	1	2	3
Trans	0.00000	0.00000	-0.00160
Rotn	2.968E-04	0.00106	0.00000

الشكل 36

(Trans.) = الانتقالات باتجاه المحاور المحلية للعقدة. (Rotn.) = الدورانات حول المحاور المحلية للعقدة.

ـ يمكن تحويل مؤشر إلى عقدة أخرى والضغط فوقها بالزر الأيمن للماوس لقراءة نتائجها دون إغلاق النافذة الأخيرة.

- **ملاحظة:**

يقوم البرنامج بحساب السهوم اللحظية في العقد الخاصة بالمنشآت الخرسانية دون حساب السهوم طويلة الأجل.. فهو لا يأخذ تأثيرات التقلص والانكماش في ذلك، كما لا يحسب إلا المقاطع المتجانسة المرنة.

ثانياً ـ إظهار وقراءة مخططات العزوم على البلاطات

1 ـ من أجل قراءة نتائج الأفعال الداخلية بشكل عام بطريقة تخطيطية اضغط الأيقونة S في الجدول (1)، أو استخدم أوامر القوائم كما يلي:

Display → Show Element Forces / Stress → Shells

لتحصل على صندوق الحوار الموضح في الشكل (37) المشروح في نهاية هذه الفقرة، والذي يحتوي على خيارات النتائج الخاصة بكافة أنواع العناصر القشرية بشكل عام (المستوية والغشائية).

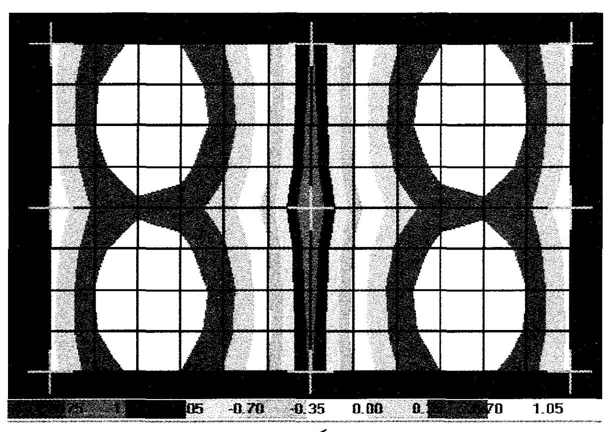
Element Force/Stress Contours for Shells
Load LOAD1 Load Case
Forces Stresses
Component
F11 M11 V13
F22 M22 V23
F12 M12 VMAX
FMAX MMAX
FMIN MMIN
FVM
Contour Range
Min 0. Max 0.
Stress Averaging
None
at All Joints
at Selected Joints Set Groups
Display on Deformed Shape
OK Cancel

Element Force/Stress Contours for Shells
Load LOAD1 Load Case
Forces Stresses
Component
S11 S13
S22 S23
S12 SMAXV
SMAX
SMIN
SVM
Contour Range
Min 0. Max 0.
Stress Averaging
None
at All Joints
at Selected Joints Set Groups
Display on Deformed Shape
OK Cancel

الشكل 37
انظر شرح خيارات الشكل في نهاية هذه الفقرة

إن أكثر النتائج أهمية بالنسبة لمسألتنا هي (M11) عزم الانعطاف باتجاه المحور المحلي (11)، و(M22) عزم الانعطاف باتجاه المحور المحلي (22). لذلك نتابع وقراءة مخططات العزوم على البلاطات كما يلي.

2 ـ قف على النافذة اليمنى وأظهر المسقط الأفقي للبلاطة في المستوي (XY)، ثم علم الخيار (M11) في الشكل (37) السابق. واضغط (OK) لتحصل على الشكل (39) الذي يمثل خطوط كونتور عزوم الانعطاف (خطوط العزوم المتساوية) في اتجاه المحور (1) المحلي.



الشكل 39

ـ لاحظ شريط القيم أسفل الشكل والذي يعطي نتائج هذه العزوم، حيث يعبر كل لون فيه عن قيم محصورة بين الرقمين الواقعتين على جانبي هذا اللون.

تذكّر أن نتائج هذه العزوم تقرأ لواحدة العرض من البلاطة بغض النظر عن أبعاد الشريحة.
.(T . m / m)

3 ـ ومن أجل التأكد من اتجاهات المحاور اختر من قائمة (View) الأمر (Set Elements => Ctrl + E) أو اضغط الأيقونة ⊠ ثم فعل في صندوق الحوار الناتج خيار (Local Axes) تحت العنوان الفرعي (Shell).

ستلاحظ أن المحاور قد رسمت على العناصر القشرية بالألوان التالية:

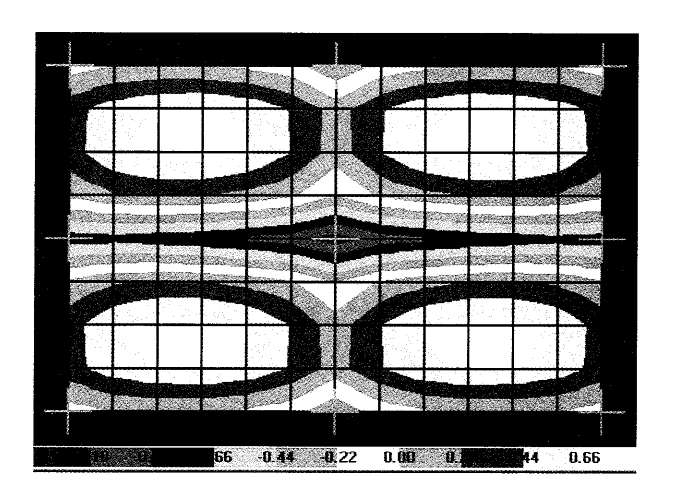
ـ المحور المحلي رقم (1) باللون الأحمر.

ـ المحور المحلي رقم (2) باللون الأبيض.

ـ المحور المحلي رقم (3) باللون الأزرق الفيروزي.

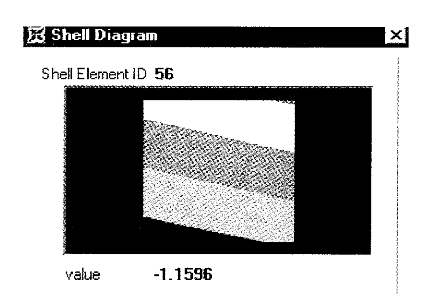
4 ـ كرر الخطوة السابقة بتفعيل خيار (M22) في الشكل (37) من أجل الحصول على هذا العزم كما في الشكل (40).

5 ـ يمكن معاينة العزوم المذكورة في أي عنصر قشري بوضع مؤشر الماوس فوقه والضغط على الزر الأيمن للحصول على ما يشابه الشكل (41)... *لاحظ كيف يومض إطار العنصر المطلوب.*



الشكل 40

يمكن هنا الانتقال لقراءة العزوم في عناصر أخرى بوضع مؤشر الماوس فوق أي منها والنقر الزر الأيمن دون إغلاق هذه النافذة.



الشكل 41

- **شرح خيارات صندوق الحوار في الشكل (37). (انظر أيضاً الشكل 38).**

أولاً - معاينة القوى (Forces)

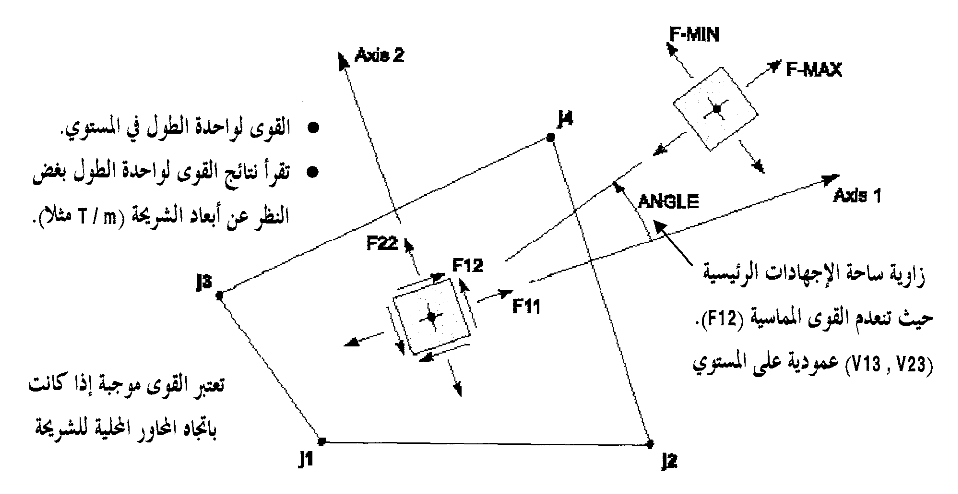
- (Load) - حالة التحميل أو تركيب الحمولات المطلوب معاينة النتائج تحت تأثيرها.

- (Forces) - القوى

تقرأ نتائج هذه القوى لواحدة الطول بغض النظر عن أبعاد الشريحة. (T / m مثلاً).

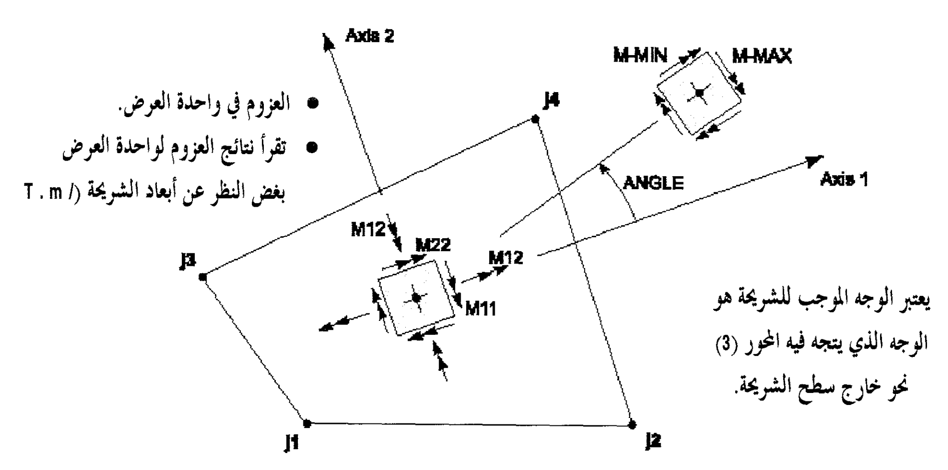
(F11 , F22) - القوى في المستوي (شد أو ضغط على الشريحة) وفي اتجاهات المحاور (1 و 2).

(F12) - قوة القص في المستوي (12). والتي تسبب لّي (Twisting) حول محور عمودي على مستوي الشريحة.



الإجهادات والقوى الغشائية

- (F-MIN و F-MAX) عن قوى الشد والضغط العظمى والصغرى ضمن مستوي الشريحة القشرية في ساحة الإجهادات الرئيسية حيث تنعدم القوى المماسية (F12).
- يتم تعريف الإجهادات (S i j) بنفس طريقة تعريف القوى (F i j).



عزوم الانعطاف والفتل (اللي Twisting) وإشاراتها الموجبة

تعبر (M-MIN و M-MAX) عن عزوم الانعطاف العظمى والصغرى في ساحة الإجهادات الرئيسية حيث تنعدم عزوم اللي.

الشكل 38

(FMAX , FMIN) ـ قوى الشد والضغط العظمى والصغرى ضمن مستوي الشريحة القشرية في ساحة الإجهادات الرئيسية حيث تنعدم القوى من الإجهادات المماسية (F12).

(FVM) ـ انظر الفقرة (Display Member Force or Stress Diagram في الملف المساعد Help).

وتحسب القوى الداخلية السابقة من خلال الإجهادات باعتبارها ثابتة على كامل سماكة العنصر.

(M11) ـ عزم الانعطاف باتجاه المحور المحلي (11) (أو الذي يحني الشريحة باتجاه المحور 1).

(M22) ـ عزم الانعطاف باتجاه المحور المحلي (22) (أو الذي يحني الشريحة باتجاه المحور 2).

(M12) ـ عزم اللي (Twisting) المستوي (12).

(MMAX , MMIN) ـ عزوم الانعطاف العظمى والصغرى في ساحة الإجهادات الرئيسية حيث تنعدم عزوم اللي.

تقرأ نتائج هذه العزوم لواحدة العرض بغض النظر عن أبعاد الشريحة. (T . m / m مثلا).

(V13) ـ قوة القص العرضية المعامدة للمستوي (13). (القص باتجاه المحور 3 والمرسوم على المحور 1)

(V23) ـ قوة القص العرضية المعامدة للمستوي (23). (القص باتجاه المحور 3 والمرسوم على المحور 2).

والقص يكون باتجاه المحور (3) دوما.. انظر العلاقات مع الإجهادات أدناه.

(VMAX) ـ قوة القص العظمى في ساحة الإجهادات الرئيسية.

وتحسب القوى السابقة من خلال القيم الوسطية للإجهادات في عقد كل عنصر قشري.

ـ (Contour Range) ـ مجالات خطوط كونتور:

(min , max) ـ القيم الدنيا والعظمى للأفعال الداخلية التي يطلب معاينتها.. وتعطي القيمة التلقائية (0) معاينة كامل المجال المحسوب.

ـ (Stresses) ـ الإجهادات:

ـ (Stress Averaging) ـ توسيط الإجهادات:

(non) ـ عدم السماح للبرنامج بحساب وسطي القوى والإجهادات.

(at All joints) ـ القيام بحساب وسطي القوى والإجهادات في كافة العقد.

(at Select joints) ـ القيام بحساب وسطي القوى والإجهادات في المجموعات المختارة.

يرمز للإجهادات في ملفات الإخراج بـ (S11 , S22 , S12 , S13 , S23).

- (Display on deformed Shape) - عرض مخططات الأفعال الداخلية على الشكل المشوه للمنشأ.

ثانياً - الإجهادات (Stresses) - الشكل 37 الأيمن

تبين الصيغ التالية العلاقات التي تربط الإجهادات بالأفعال الداخلية:

$$S11 = \frac{F11}{t} - \frac{12\,M11}{t\,b^3}\,x_3$$

$$S22 = \frac{F22}{t} - \frac{12\,M22}{t\,b^3}\,x_3$$

$$S12 = \frac{F12}{t} - \frac{12\,M12}{t\,b^3}\,x_3$$

حيث:

(t) سماكة العنصر القشري

(b) عرض الشريحة لواحدة الأبعاد ويساوي الواحد (1).

(x_3) إحداثي السماكة اعتبارا من السطح المتوسط للعنصر.

$$S13 = \frac{V13}{t\,b}$$

$$S23 = \frac{V23}{t\,b}$$

$$S33 = 0$$

$$S23 = \frac{V23}{t\,b}$$

ويجري حساب قوى القص المستوية من العلاقتين:

$$V13 = \frac{dM11}{dx_1} - \frac{dM12}{dx_2}$$

$$V23 = \frac{dM22}{dx_1} - \frac{dM22}{dx_2}$$

حيث:

(x_1) الإحداثي المستوي الموازي للمحور (11).

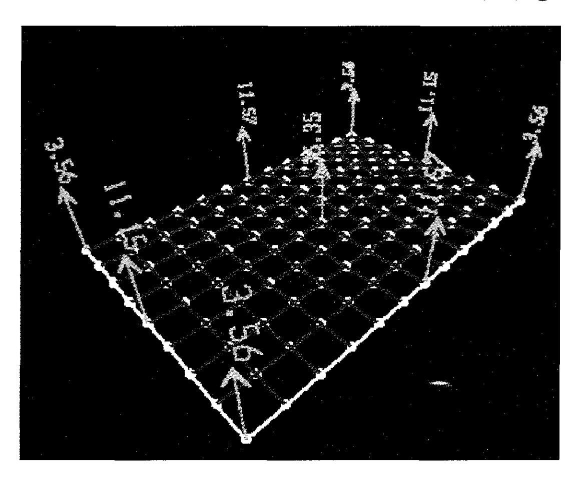
(x_2) الإحداثي المستوي الموازي للمحور (22).

ثالثا ـ مخططات ردود الأفعال

1 ـ لمعاينة ردود أفعال المساند في النافذة الفراغية اضغط الأيقونة أو استخدم أوامر القوائم كما يلي بع الوقوف على النافذة الفراغية:

Display → Show Element Forces / Stress → Joint

اختر (Reactions) لحالة التحميل (Load 1) في صندوق الحوار الناتج ثم اضغط (OK) للحصول على الشكل (42).



الشكل 42

ويمثل مجموع القوى الموضحة في الشكل السابق ردود الفعل الكلية للبلاطات والذي يساوي جداء المساحة بالحمولة الكلية (1 x 8 x 12 = 96 T). وللتأكد من ذلك قم بما يلي:

Show Group Joint Force Sums → All → OK

تظهر النافذة (43) التي تبين أن (FZ = 96 T).

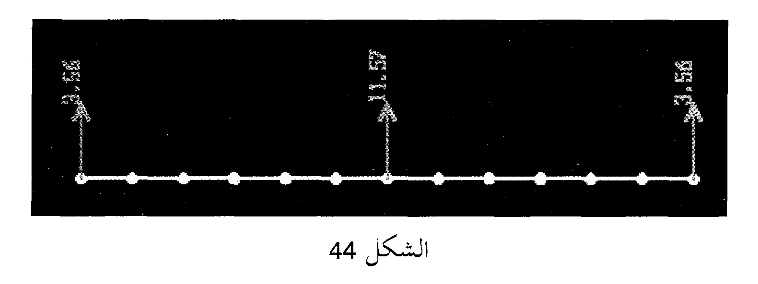
GROUP JOINT FORCE SUMMATION

File

GROUP	LOAD	F-X	F-Y	F-Z	M-X	M-Y	M-Z
ALL (Sum at X=0 Y=0 Z=0)							
	LOAD1	0.000	0.000	96.000	0.000	0.000	0.000

الشكل 43

2 ـ فعل خيار المعاينة المستوية (XZ) ولاحظ أن ردود الأفعال عند مواقع الكمرات الطرفية الطويلة (B1 = 6.00 m) هي كما في الشكل (44).



الشكل 44

3 ـ لقراءة مثل هذه القيم بشكل أكثر دقة ضع مؤشر الماوس فوق أية عقدة مسندية ثم اضغط الزر الأيمن للحصول على نافذة صغيرة تبين رد الفعل وعزم الانعطاف في هذه العقدة. لاحظ وميض العقدة المطلوبة.

ويمكن هنا الانتقال أيضا لقراءة القوى في عقد أخرى بوضع مؤشر الماوس فوقها ومن ثم النقر الزر الأيمن دون إغلاق هذه النافذة.

رابعا ـ قراءة بعض النتائج بشكل مجدول وطباعة ملفات الإدخال والإخراج

ـ انظر الفقرات (1 ـ 4 ـ 1 ـ 5) و (1 ـ 4 ـ 1 ـ 6) و (1 ـ 4 ـ 1 ـ 7) الخاصة بالمثال السابق.

* * *

1 ـ 4 ـ 7 ـ 4 قراءة نتائج تحليل الكمرات

تتم قراءة ردود أفعال المساند كما في البند الثالث أعلاه.

أولا ـ إظهار وقراءة مخططات القص والعزوم في الكمرات

1 ـ امسح النتائج من النافذة الفراغية اليسرى لإظهار حدود مستوي المعاينة في النافذة اليمنى (Bounding Plane).

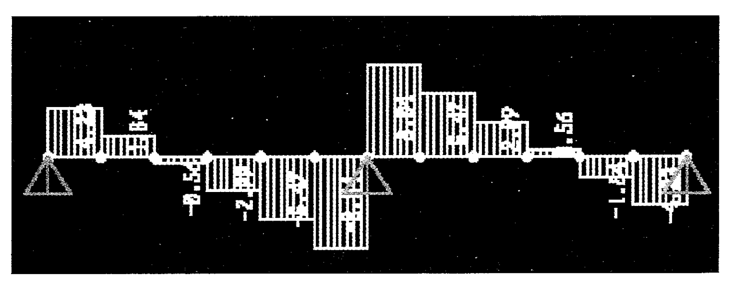
2 ـ أظهر المستوي (XZ) في النافذة اليمنى.

3 ـ استخدم الأيقونتين ⇩ | ⇧ لإظهار الكمرة الوسطية الطويلة (B2 = 6.00 m).

Display → Show Element Forces / Stress → Frames

أو استخدم الأيقونة (5) في الجدول (1).

4 ـ فعّل الخيار (Shear 22) في صندوق الحوار الناتج (مبين في الشكل 9 السابق)، ثم اضغط (OK) ليظهر المخطط المطلوب كما في الشكل (45).

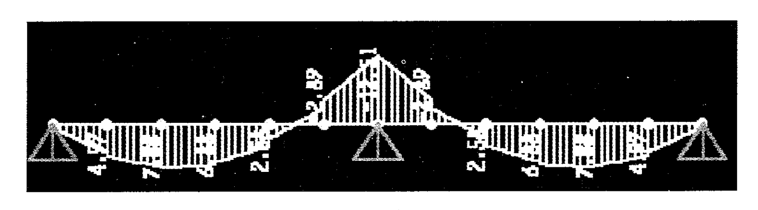


الشكل 45

5 ـ لمعاينة مخطط قوى القص بطريقة أخرى استبدل في البند السابق خيار (Show Value On Diagram) بخيار (Fill Diagram)، واضغط (OK) لتحصل على المخطط المطلوب.

6 ـ كرر البند (3) السابق لمعاينة هذا المخطط في الكمرات الطرفية ثم عد للكمرة السابقة.

7 ـ فعّل الخيار (Moment 33) في صندوق الحوار المذكور في البند (4) أعلاه، ثم اضغط (OK) ليظهر المخطط العزوم كما في الشكل (46).



الشكل 46

8 ـ فعّل الخيار (Torsion) في صندوق الحوار المذكور في البند (4) ثم اضغط (OK) لتلاحظ أن الكمرة الوسطية لا تتعرض للفتل.

9 ـ انتقل للكمرة الطرفية وستجد أن هذه الكمرات تتعرض للفتل، وهو الموضوع الذي تناولته الفقرة (1 ـ 4 ـ 8) التالية.. (انظر البند الرابع في الفقرة المذكورة).

10 ـ من أجل التخلص من تأثير الفتل الناجم من البلاطات على الكمرات الطرفية قم بما يلي:

Select All = Ctrl + A → Assign → Frames → Release →

ضع إشارة تحقق بجانب خيار (Torsion - Start) لتحرير هذا الفعل الداخلي

11 ـ أعد التحليل (F5).

12 ـ كرر البند (8) أعلاه ولاحظ عدم وجود عزوم فتل في الكمرات الطرفية.

13 ـ أعد معاينة عزوم الانعطاف لتلاحظ بعض الفروقات الطفيفة... والفقرة التالية توضح مبررات ذلك.

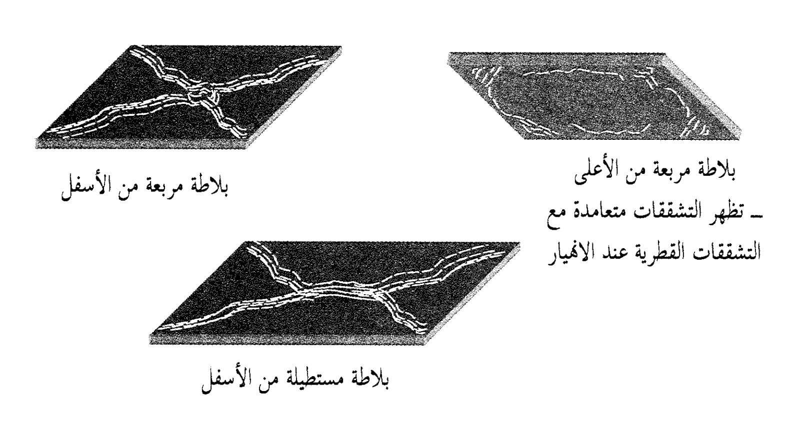
1 ـ 4 ـ 8 مناقشة مسائل البلاطات

من المعروف أن الحساب الدقيق للبلاطات الخرسانية المصمتة التي تكون فيها نسبة البعد الطويل إلى القصير أقل من (2) تخضع لنظرية الصفائح المرنة، والتي تمتاز بمعادلاتها التفاضلية المعقدة من أجل شروط الاستناد المختلفة. ومن هنا ننوه إلى الملاحظات التالية:

أولا ـ باعتبار أن الخرسانة المسلحة (والمكونة من خرسانة وفولاذ) مادة غير متجانسة فإن علاقات نظرية المرونة لا تطبق عليها. وقد دلت التجارب العديدة التي أجريت على هذه العناصر خلال النصف الثاني من القرن العشرين على ما يلي:

1 ـ تحاول البلاطات المربعة والمستطيلة أن ترتفع من زواياها الأربع عند تطبيق حمولات خارجية عليها . ويكون رد فعل هذه العناصر في واحدة الطول على المساند المحيطية أعظميا في منتصف هذه البلاطات.. (انظر البند السابع أدناه).

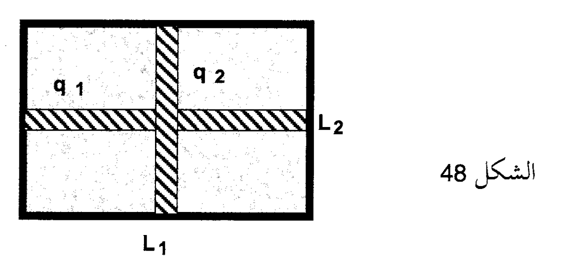
2 ـ تبدأ تشققات الشد بالظهور في الوجه السفلي من البلاطات مع تزايد الحمولات المطبقة تدريجيا بسبب السعي نحو ارتفاع الزوايا حسبما ذكر، وتكون هذه التشققات بخطوط زاوية قطرية كما في الشكل (47).



الشكل 47 ـ أشكال التشققات.

3 ـ تبدأ تشققات الضغط بالظهور في الوجه العلوي من البلاطات حين اقترابها من حد الانهيار.

ثانيا ـ أدت التجارب المذكورة أعلاه إلى ابتداع عدة نظريات لحساب البلاطات الخرسانية المسلحة من أهمها نظرية التوازن الحدي والنظرية الكلاسيكية لحساب البلاطات. وقد سهل استخدام هذه الطرق إدخال بعض عوامل التبسيط فكانت طرق الجداول المعروفة (ماركوس وغراشوف) التي تستند بأساسها إلى نظرية المرونة.. وطريقة الشرائح الموضحة في الشكل (48) والتي تفترض أن المنشأ يعمل كشريحتين باتجاهين متعامدين توزع الحمولة بينهما من شرط تساوي السهوم للشريحتين في نقطة المنتصف، حيث تقدر هذه الحمولة في كل اتجاه من خلال معاملات محددة تعطى بدلالة نسبة عرض البلاطة إلى طولها.



الشكل 48

ثالثا ـ يولد اختلاف سهوم الشرائح حسب الافتراض السابق عزوم فتل في البلاطة تخفض من قيمة عزم الانعطاف. وقد أعطى بعض أصحاب النظريات مثل (ماركوس) جداول تحتوي

على معاملات خاصة أقل من الواحد بغية الأخذ بالاعتبار تأثيرات الفتل على عزوم الانعطاف. وقد دخلت هذه المعاملات مباشرة في حساب العزوم بالطرق اليدوية.

رابعا ـ إن العديد من الكودات العالمية ومنها الكود السوري يشترط استخدام طرق الجداول في البلاطات التي لا تتخذ فيها إجراءات خاصة لمقاومة الفتل وارتفاع الزوايا (كما في غالبية الحالات في المنشآت العادية). حيث تحسب من هذه الطرق العزوم وقوى القص.

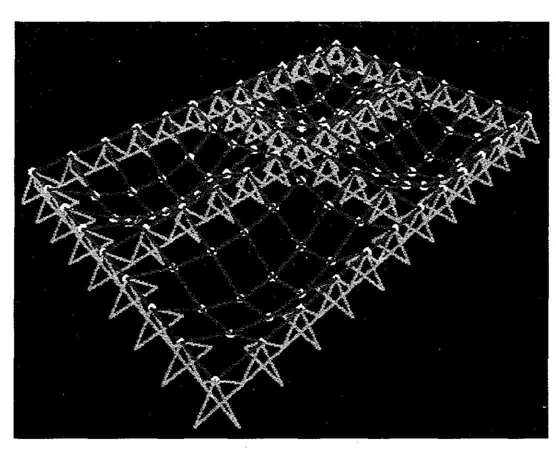
أما طريقة الشرائح فتستخدم في البلاطات المستندة على كمرات محيطية مصبوبة معها في وقت واحد والتي تتخذ فيها إجراءات خاصة لمقاومة الفتل وارتفاع الزوايا.

خامسا ـ تختلف طريقة العناصر المحددة التي يعتمدها برنامج (SAP 2000) عن الطرق المذكورة. حيث لا يهمل البرنامج تأثيرات الفتل إذا لم يقم المستثمر بفعل ذلك أثناء نمذجة المسألة.

سادسا ـ نلاحظ من خلال المناقشة الموجزة السابقة ضرورة توخي الحذر حين قراءة واستخدام نتائج التحليل الإنشائي للبلاطات من خلال البرامج الإنشائية عموما و (SAP 2000) بشكل خاص.

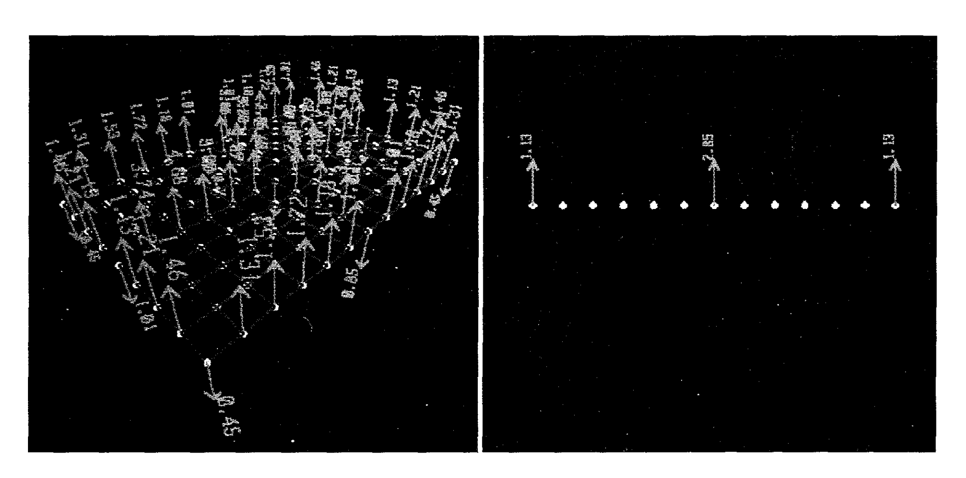
سابعا ـ لمناقشة البند الأول أعلاه بصورة أكثر وضوحا، حاول حل البلاطة السابقة بدون كمرات (ضع مساند تحت كافة عقد مواقع الكمرات، مع الانتباه إلى أنه في حال عدم وضع مساند داخلية تصبح البلاطة فطرية) ولاحظ ما يلي:

1 ـ التشوهات كما في الشكل (49).



الشكل 49

2 ـ ردود أفعال المساند كما في الشكل (50). لاحظ تأثير الرفع في الزوايا المذكور في البند الأول أعلاه . مع الإشارة إلى أن ردود أفعال البلاطات على أية كمرة يساوي مجموع القوى عند كل منها مقسوما على طول هذه الكمرة (يؤخذ نصف مجموع الحمولات الطرفية + الداخلية).



الشكل 50

3 ـ قارن النتائج الأخرى مع الحل السابق.

ثامنا ـ هناك من يقترح إمكانية نمذجة البلاطات بعدة طرق كما يلي:

1 ـ تحليل البلاطات بدون الكمرات كمنشأ من عناصر قشرية فقط، ومن ثم نقل ردود أفعالها إلى منشأ إطاري آخر يحتوي على هذه الكمرات فقط (أي حل المسألة على مرحلتين).

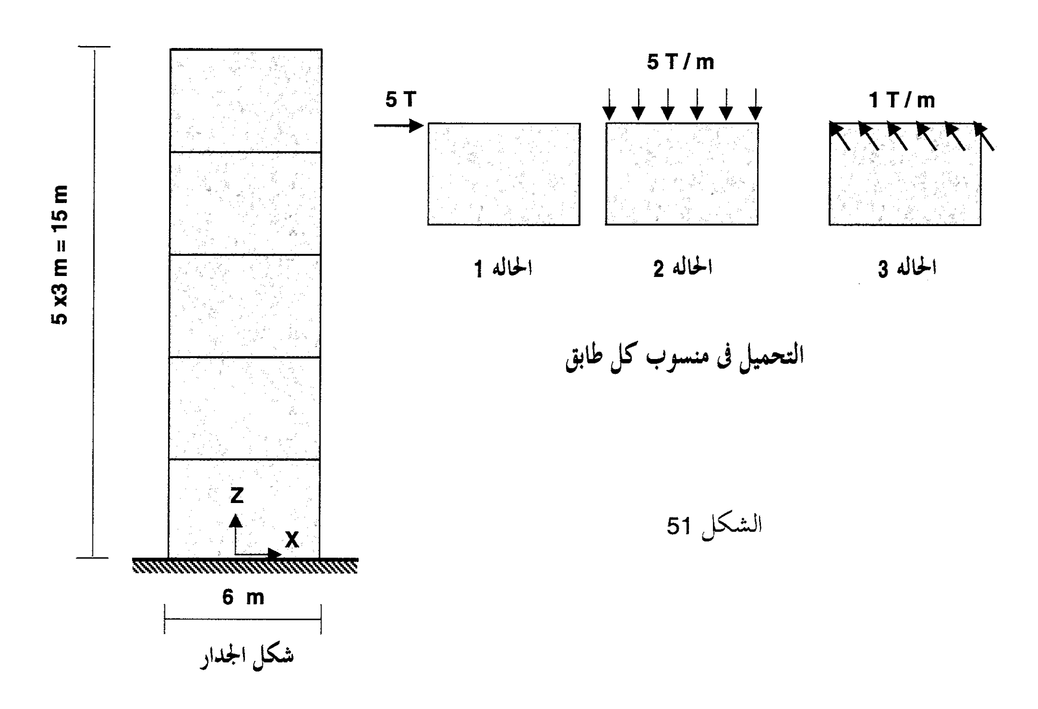
2 ـ تحليل البلاطات بسماكتها الحقيقية باعتبارها مستندة على كمرات كبيرة العمق (أكبر بكثير من الكمرات الحقيقية) بغية أخذ نتائج البلاطات أو العناصر القشرية بدون الكمرات، ومن ثم حل المسألة ذاتها باعتبارها مؤلفة من بلاطات رقيقة جدا (0.005 m مثلا) مستندة على الكمرات بأبعادها الحقيقة، لأخذ نتائج الكمرات (أي حل المسألة على مرحلتين أيضا).

والهدف من الطريقتين السابقتين التخفيف من تأثير القساوات النسبية للكمرات والبلاطات على نتائج التحليل.

3 ـ تحليل البلاطات مع الكمرات بوقت واحد معا في المثال (2) أعلاه (انظر الفقرة 2 ـ 4 في الفصل 2).

1 ـ 4 ـ 9 مثال 3 ـ تحليل جدار بسيط تحت حمولات مختلفة

يطلب تحليل الجدار الخرساني الموضح في الشكل (51) والمؤلف من خمسة طوابق بسماكة (0.30 m) تحت حالات التحميل الموضحة مع إهمال وزن الذاتي للجدار.



الشكل 51

يهدف هذا المثال إلى توضيح قراءة ملفات التحليل ونتائجه في العناصر القشرية الجدارية تحت أشكال مختلفة للتحميل.

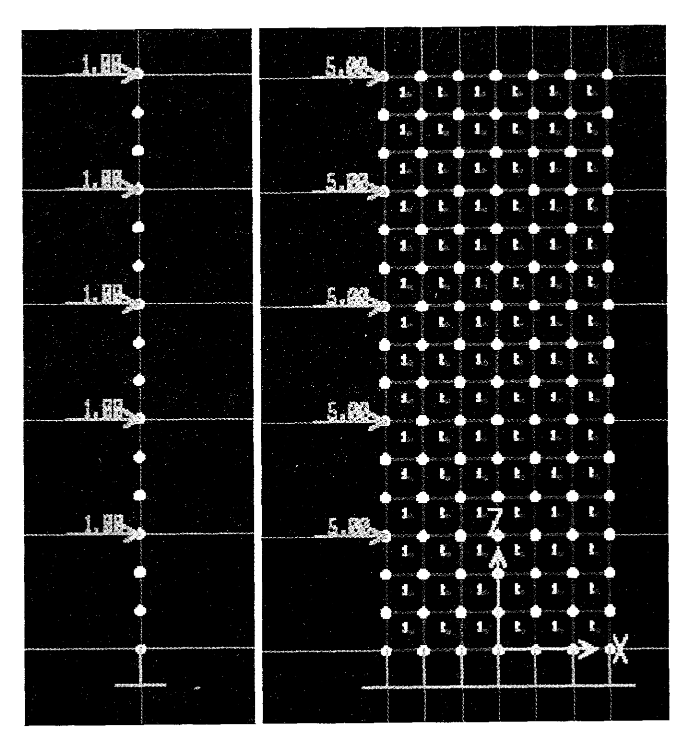
أولا ـ لنمذجة

1 ـ ارسم الجدار من عناصر قشرية (1 x 1 m).

2 – عرف من قائمة (Define) كلاً من المواد (CONC) والمقطع (Type = Shell , Section Name = Wall)، والحمولات (Type = Other , Self Weight Multiplier = 0 , Load 1 , Load 2 , Load 3).

3 – عين أو خصص من قائمة (Assign) كلاً من المساند (وثاقات) والحمولات المطلوبة أعلاه والمقطع.

4 – حاول إظهار المنشأ كما في الشكل (52).



الشكل 52

– يبين القسم الأيمن من الشكل المحاور المحلية (1 و 2) والمحاور العامة وحالة التحميل رقم 3.

– يبين القسم الأيسر من الشكل حالة التحميل رقم 1.

5 – اختر الأمر (Set Options) من قائمة (Analyze)، ثم اضغط في صندوق الحوار الناتج (الشكل 8) على زر (Space Plane) لتحديد درجات الحرية كمنشأ فراغي.

6 ـ ضع إشارة تحقق ☑ بجانب توليد النتائج (Generate Output)

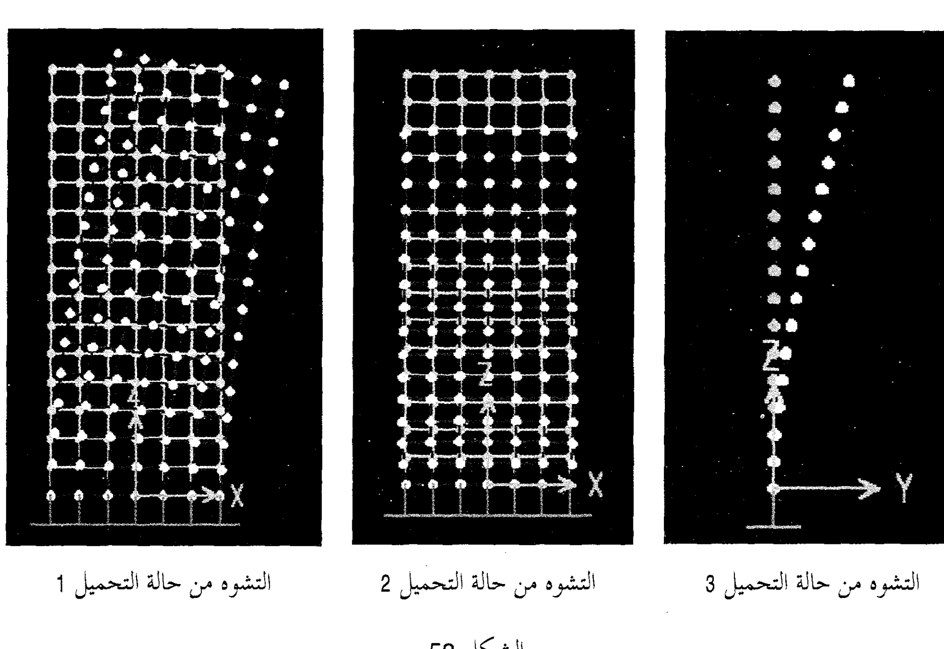
7 ـ اضغط زر الخيار (Select Output Options) لتحديد خيارات الإخراجات أو النتائج المطلوبة لتجد صندوق الحوار المشروح في الشكل (9)، ثم ضع إشارة تحقق بجانب كافة الخيارات المتاحة، واضغط (OK).

8 ـ فعل في النافذة اليمنى المعاينة ضمن المستوي وابدأ التحليل بالضغط على مفتاح (F5) وتأكد من عدم وجود رسالة خطأ أو تحذير.

ثانيا ـ التحليل وقراءة النتائج

ـ قراءة الانتقالات والدورانات:

1 ـ يعطي البرنامج الشكل المشوه للمنشأ في الاتجاهات الثلاثة.. ولرؤية ظل الجدار قبل التشوه اضغط المفتاح (F6)، وضع إشارة تحقق بجانب خيار (Wire Shadow) وفعل خيار حالة التحميل (Load 1) ثم اضغط (OK) لإظهار التشوه باتجاه الحمولات الجانبية. (الشكل 53).



التشوه من حالة التحميل 3 | التشوه من حالة التحميل 2 | التشوه من حالة التحميل 1

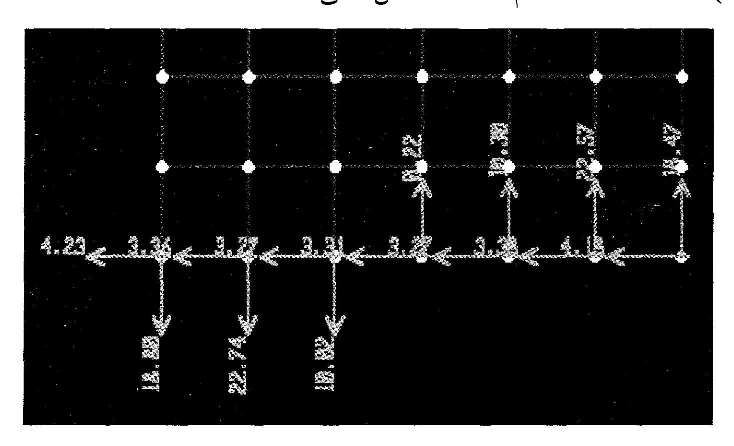
الشكل 53

2 ـ ضع سهم الماوس على العقدة العلوية اليمنى في الشكل المشوه لاستعراض الدورانات والانتقالات باتجاه وحول المحاور المحلية (3 , 2 , 1) للعقدة والموافقة للمحاور العامة (X , Y , Z).

3 ـ كرر الخطوتين السابقتين لاستعراض الدورانات والانتقالات لحالتي التحميل (2 و 3).

ـ قراءة ردود الأفعال:

1 ـ اضغط الأيقونة وضع إشارة بجانب خيار (Reactions) وحدد حالة التحميل المطلوبة. (الشكل 54).. لاحظ كتابة اسم حالة التحميل أعلى النافذة المفعلة.



الشكل 54 ـ العقد السفلية عند المساند

يجب أن يكون مجموع ردود الأفعال الأفقية (5 x 5 T = 25 T)، ومجموع ردود الأفعال الشاقولية يساوي الصفر، وهو محقق.

لقراءة ردود الفعل في أي مسند بشكل مستقل وأكثر وضوحاً ضع سهم الماوس فوق المسند المطلوب (وليكن المسند الأول من اليسار)، ثم اضغط الزر الأيمن.. (الشكل 55).

Joint Reactions

Joint ID **1**

	1	2	3
Force	-4.232	0.000	-18.800
Moment	0.000	-0.233	0.000

الشكل 55

2 ـ اضغط الأيقونة ▦ ثم حدد حالة التحميل (Load 1) في صندوق الحوار الناتج واضغط (OK). ثم اضغط زر الماوس الأيمن فوق المسند المذكور لتحصل على الجدول المبين في الشكل (56)، والذي يبين القوى في العقدة باتجاه المحورين (1 , 2) الموافقين للمحورين العامين (X , Z) والعزم حول المحور (3) الموافق للمحور العام (Y).. في حين أن الدورانات والانتقالات في المسند معدومة وهو شرط من الشروط الحدية للعقدة (مسند موثوق).

File

J O I N T   D I S P L A C E M E N T S

JOINT	LOAD	U1	U2	U3	R1	R2	R3
1	LOAD1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

J O I N T   R E A C T I O N S

JOINT	LOAD	F1	F2	F3	M1	M2	M3
1	LOAD1	-4.2321	0.0000	-18.7999	0.0000	-0.2326	0.0000

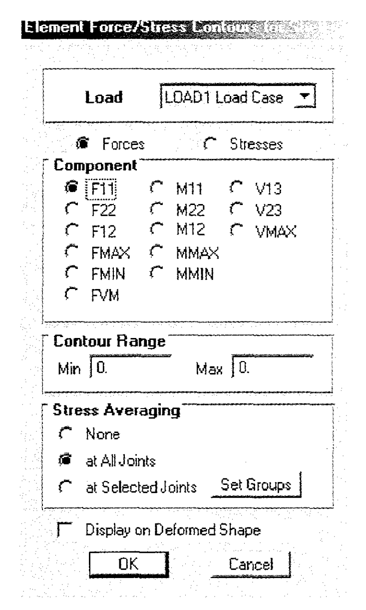
الشكل 56

3 ـ كرر الخطوتين السابقتين لاستعراض ردود الأفعال لحالتي التحميل (2 و 3).

ـ قراءة القوى المستوية وعزوم الانعطاف لحالة التحميل الأولى (الحمولات الجانبية):

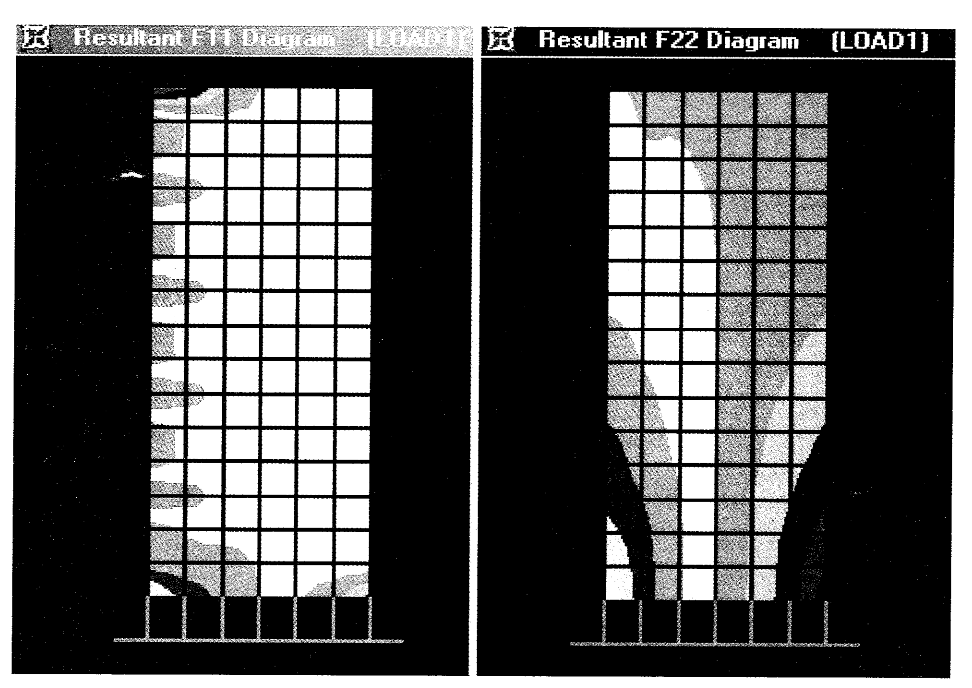
1 ـ من أجل قراءة نتائج الأفعال الداخلية بشكل اضغط الأيقونة S ليظهر صندوق الحوار (57) المشروح سابقاً.

2 ـ ضع إشارة بجانب الخيار (F11) وحدد حالة التحميل (Load 1) ثم اضغط (OK) لتحصل على مخطط كونتور القوى المستوية الأفقية (F11) باتجاه المحور (1 1) المبين في الشكل (52). وهو المحور الأفقي الموجه نحو اليمين (لونه التلقائي أحمر).



الشكل 57

2 ـ كرر البند السابق من أجل استعراض القوى (F22).. (انظر الشكل 58).



الشكل 58

ضع مؤشر الماوس على أية شريحة واضغط الزر الأيمن.

لاحظ في الشكل السابق أن القوى المستوية (F22) والتي تمثل القوى الشاقولية في الشرائح، ضاغطة (سالبة) على يمين المحور الطولي للجدار وإشارة شادة (موجبة) على يساره.. (انظر شريط القيم الملون أسفل الشاشة).

3 ـ اضغط خيار (F12) في الشكل (57) واستعرض القوى المستوية (F12) التي تسبب اللي (Twisting) في مستوي كل شريحة.

4 ـ كرر ما سبق من أجل استعراض القوى المستوية العظمى والصغرى في ساحة الإجهادات الرئيسية (F MAX , F MIN). وهي مساقط القوى (F11 , F22) على المحور المحدد لزاوية الإجهادات المذكورة، حيث يكون (F12 = 0).

5 ـ لاحظ أن العزوم (M11 , M22 , M12 , M MAX , MMIN) في حالة الحمولات الجانبية (Load 1) مساوية للصفر. لأن هذه الحمولة لا تولد عزوما في مستوي الجدار (باتجاه المحورين المحليين 1 و 2). وكذلك يكون قوى القص المعامدة لمستوي الجدار (V13 , V23) باتجاه المحور المحلي (3) مساوية للصفر أيضا.

6 ـ لا يرسم البرنامج مخطط للعزم حول المحور (Y) العام. أي عزم الانقلاب للجدار، وإنما يمكن حسابه بالشكل التالي.. (انظر المثالين 7 و 8 في الفصل الثاني).

ـ اختر كافة الشرائح السفلية للجدار بمستقيم قاطع، ثم اختر كافة عقد المساند التي تقع تحتها.

أعط لمجموعة العناصر المختارة اسماً وليكن (Base) كما يلي:

Assign → Group Name → Base → Add New Group Name → OK

وللتأكد من تنفيذ الأمر قم بما يلي:

Select → Select → Groups → Base → OK

حيث تتفعل العناصر المختارة.

أظهِر القوى المطبقة في المجموعة السابقة تحت الحمولة (Load 1) كما يلي:

Display → Set Output Table Mode → (اختر الحمولة Load 1) → OK

Display → Show Group Joint Force Sums → Base → OK

تحصل على النافذة (59).

GROUP JOINT FORCE SUMMATION

File

GROUP	LOAD	F-X	F-Y	F-Z	M-X	M-Y	M-Z
BASE (Sum at X=0 Y=0 Z=0)							
	LOAD1	-25.000	0.000	0.000	0.000	-225.000	0.000

الشكل 59

لاحظ في الشكل السابق أن مجموع القوى الأفقية المطبقة على المجموعة هي (T 25 -) وهي تساوي وتعاكس بالاتجاه مجموع القوى الأفقية الخارجية.

أما العزم حول المحور (Y) العام فهو (T. m 225 -) وهو يكافئ مجموع عزوم القوى المطبقة:

M Y = 5 (15 + 12 + 9 + 6 +3 + = 5 x 45 = 225 T . m

ـ قراءة القوى المستوية وعزوم الانعطاف لحالة التحميل الثانية (الحمولات الشاقولية):

1 ـ ضع في الشكل (57) إشارة بجانب الخيار (F11) وحدد حالة التحميل (Load 2)، ثم اضغط (OK) لتحصل على مخطط القوى الشاقولية في الشرائح.. وكرر ذلك من أجل معاينة القوى الأفقية (F22).. (الشكل 60).



الشكل 60

ضع مؤشر الماوس على أية شريحة واضغط الزر الأيمن.

لاحظ في الشكل السابق أن كافة القوى (F11) ضاغطة (سالبة).. (انظر شريط القيم الملون أسفل الشاشة)، في حين أن القوى (F22) تتغير بين الموجبة والسالبة على المحور الشاقولي.

2 ـ استعرض (F MAX , FMIN) ولاحظ تماثل المخططين مع الشكل (60) بالشكل والقيم. وهذا يعني أن القوى (F12) يجب أن تكون متناظرة تماماً حول المحور الشاقولي للجدار. وهو ما نلاحظه حين استعراض هذه القوى (حاول ذلك).

3 ـ لاحظ أن العزوم (M11 , M22 , M12 , M MAX , MMIN) في حالة الحمولات الشاقولية (Load 2) مساوية للصفر. لأن هذه الحمولة لا تولد عزوماً في مستوي الجدار (باتجاه المحورين المحليين 1 و 2). وكذلك يكون قوى القص المعامدة لمستوي الجدار (V13 , V23) باتجاه المحور المحلي (3) مساوية للصفر أيضا.

4 ـ أظهر القوى المطبقة في المجموعة السابقة تحت الحمولة (Load 2) كما يلي:

Display → Set Output Table Mode → (اختر الحمولة Load 2) → OK

Display → Show Group Joint Force Sums → Base → OK

تحصل على النافذة (61).

GROUP JOINT FORCE SUMMATION

File

GROUP	LOAD	F-X	F-Y	F-Z	M-X	M-Y	M-Z
BASE (Sum at X=0 Y=0 Z=0)							
	LOAD2	0.000	0.000	175.000	0.000	0.000	0.000

الشكل 61

لاحظ في الشكل السابق أن مجموع القوى الشاقولية المطبقة على المجموعة هي (175 T) وهي تساوي وتعاكس بالاتجاه مجموع القوى الشاقولية الخارجية.

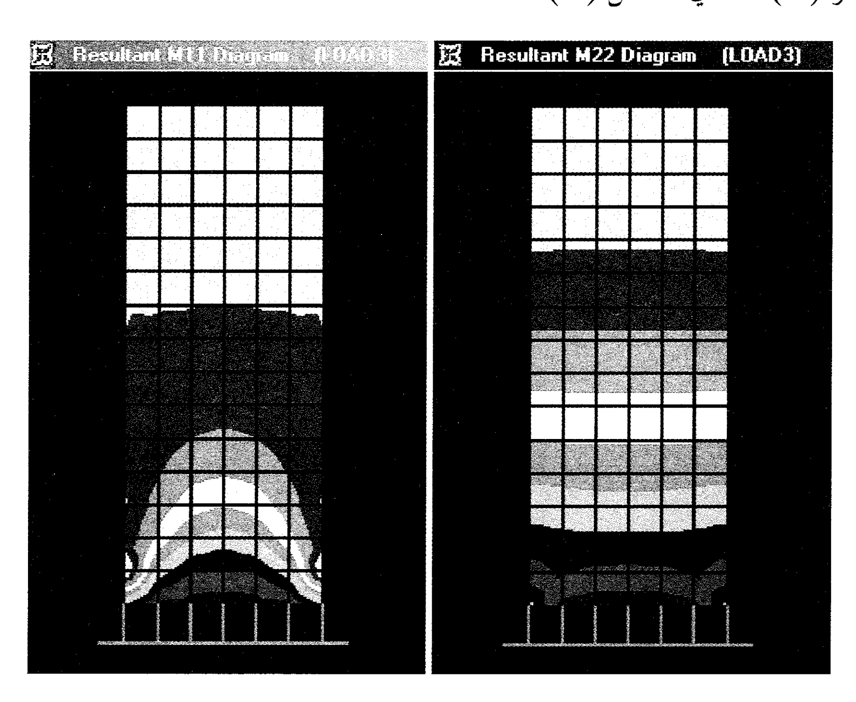
$$FZ = -5 \times 7 \times 5 = -175 \ T$$

وليست هناك أية عزوم متولدة.

ـ قراءة القوى المستوية وعزوم الانعطاف لحالة التحميل الثالثة (الحمولات العمودية على مستوي الجدار):

1 ـ لا تولد الحالة الثالثة للتحميل قوى مستوية. أي أن (F11 = F22 = F12 = 0).

2 ـ تتولد في حالة التحميل المدروسة عزوم انعطاف (M11 , M22) حول المحورين المحليين (11) و (22) كما في الشكل (62).



الشكل 62

لاحظ في هذا الشكل كيف تمثل خطوط كونتور العزم في الحالتين شكل الانحناء الذي يتولد في الجدار بالاتجاهين الطولي والعرضي... (انظر شريط القيم الملون أسفل الشاشة).

3 ـ أظهر القوى المطبقة في المجموعة السابقة تحت الحمولة (Load 3) كما سبق (الشكل 63).

GROUP JOINT FORCE SUMMATION

File

GROUP	LOAD	F-X	F-Y	F-Z	M-X	M-Y	M-Z
BASE (Sum at X=0 Y=0 Z=0)							
	LOAD3	0.000	-35.000	0.000	315.000	0.000	0.000

الشكل 63

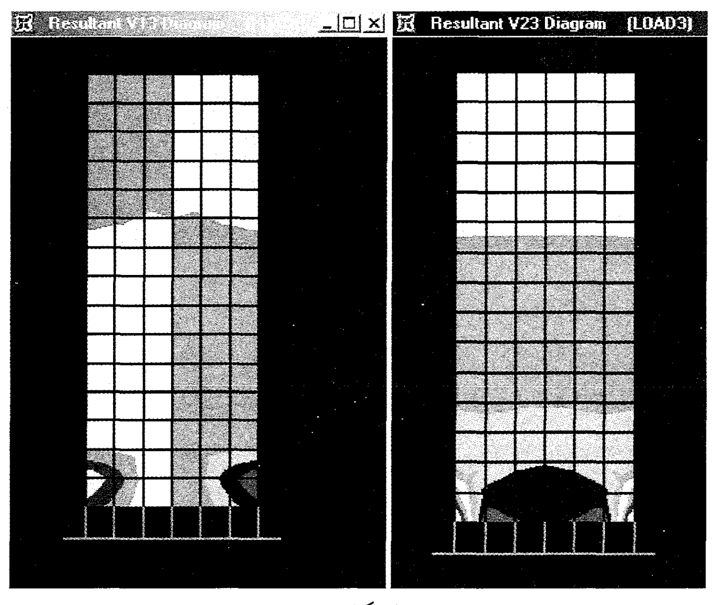
ويكون هنا مجموع القوى الأفقية المطبقة على المجموعة باتجاه المحور (Y) هي (35 T -).. وهي تساوي وتعاكس بالاتجاه مجموع القوى الخارجية للحالة الثالثة.

$$F Y = -1 \times 7 \times 5 = -35 \ T$$

أما عزم الانعطاف المتولد حول (X) فهو:

$$M X = (1 \times 7) \ (15 + 12 + 9 + 6 + 3) = 7 \times 45 = 315 \ T$$

4 ـ استعرض أخيرا قوى القص (V13 , V23) لحالة التحميل المعتبرة، والتي يجب أن تكون كما في الشكل (64).



الشكل 62

فهرس الفصل 2 ـ تحليل وتصميم المنشآت الخرسانية ...



2. تحليل وتصميم المنشآت الخرسانية ...

2 ـ 1 توضيح

يشتمل هذا الفصل على العديد من الأمثلة التطبيقية في تحليل وتصميم المنشآت الخرسانية، مع التذكير بأن البرنامج يستطيع القيام بتحليل كافة أنواع المنشآت الخرسانية الإطارية والقشرية وغيرها، وتصميم العناصر الإطارية، وتحقيق الأعمدة منها فقط.

كما تشرح الأمثلة المذكورة أوامر البرنامج الخاصة بتحليل وتصميم الخرسانة والتي لم يجرِ التطرق لها في الجزء الأول أو في الفصل السابق، وتبين كيفية اختيار كود التصميم.

2 ـ 2 مراحل تصميم الخرسانة في البرنامج

يتم تصميم المنشآت المؤلفة من عناصر إطارية من الخرسانة المسلحة في البرنامج وفق الخطوات الموضحة في الفقرات التالية، والتي تبدأ بالأرقام (2 ـ 2).

2 ـ 2 ـ 1 رسم المنشأ.

2 ـ 2 ـ 2 إدخال خصائص الخرسانة والتسليح.. ولنعتبر كمثال أن هذه الخصائص في مسألة مفروضة هي كما يلي:

ـ الوزن الحجمي للخرسانة ($\gamma = 2.500\ T/m^3$).

ـ المقاومة الأسطوانية للخرسانة على الضغط ($f_c = 200\ kg/cm^2 = 2000\ T/m^2$).

ـ المقاومة الأسطوانية للخرسانة على القص ($f_v = 50\ kg/cm^2 = 500\ T/m^2$).

- حد السيلان للفولاذ الطولي أو الرئيسي ($f_y = 3400\ kg / cm^2 = 34000\ T / m^2$).

- حد السيلان للفولاذ العرضي ($f_{ys} = 2400\ kg / cm^2 = 24000\ T / m^2$).

- معامل المرونة ($E = 2.1 \times 10^6\ T / m^2$).

- معامل أو نسبة بواسون ($\mu = 0.22$).

معامل التمدد الحراري ($\alpha = 1 \times 10^{-5}$).

يمكننا أن نعاين في البداية الخصائص التلقائية أو الافتراضية (Default) للخرسانة في البرنامج كما يلي، والتي سبق ذكرها في الجزء الأول.

Define $\rightarrow$ Material $\rightarrow$ Modify / Show Material

- قف على خيار (CONC)

- اضغط زر (Modify / Show Material) فيفتح صندوق الحوار المشروح في الشكل (63 ـ 1).

إن الخصائص التلقائية الموضحة هي مواصفات خاصة بالخرسانة وفق النظم المعيارية الأمريكية (ASTM).

يمكننا أن ندخل الخصائص المطلوبة في صندوق الحوار المذكور إلا أن هذا البرنامج يحتفظ بهذا التعديل بشكلٍ دائم . لذا نغلق صندوق الحوار (Material Property Data) ونعود للصندوق (Define Material).

نقوم بتعريف مادة جديدة (خرسانة جديدة) كما يلي:

- اضغط الزر (Add New Material) لنحصل على صندوق حوار (Material Property Data

- بيانات خصائص المادة) جديد.

- أعط اسماً لهذه المادة الجديدة، وليكن (CONC1)

- اختر من (Type of design) المادة (Concrete) ونعدل القيم حسب المطلوب. فنحصل على الشكل (63 ـ 2).

Material Property Data بيانات خصائص المواد التلقائية

1 **Material Name** CONC

2 **Type of Material**
3 Isotropic 4 Orthotropic 5 Anisotropic

13 **Type of Design**
Design Concrete

6 **Analysis Property Data**		14 **Design Property Data**	
7 Mass per unit Volume	0.2448	15 Reinforcing yield stress, fy	42184.18
8 Weight per unit Volume	2.4026	16 Concrete strength (Cylinder), fc	2812.2785
9 Modulus of Elasticity	2531050.7	17 Shear steel yield stress, fys	28122.785
10 Poisson's Ratio	0.2	18 Concrete shear strength, fcs	2812.2785
11 Coeff of Thermal Expansion	9.900E-06		
12 Shear Modulii	1054604.5		

OK Cancel

الشكل 63 ـ 1 ـ الواحدات الموضحة Ton m

1 ـ اسم المادة. **2 ـ نوع المادة.** 3 ـ خصائص المادة موحدة في الاتجاهات الثلاثة. 4 ـ خصائص المادة مختلفة في الاتجاهات الثلاثة وليس هناك تناسق في التشوهات، وبالتالي يمكن أن يتأثر السلوك في كل اتجاه بتغير الحرارة بالنسبة للاتجاه الآخر. 5 ـ خصائص المادة مختلفة في الاتجاهات الثلاثة وهي مستقلّة عن اتجاه التّحميل أو عن تغير درجة الحرارة. **6 ـ بيانات خصائص التحليل.** 7 ـ الكتلة في واحدة الحجم = $(m = \gamma / g)$. 8 ـ الوزن في واحدة الحجم (γ). 9 ـ معامل المرونة (E). 10 ـ نسبة بواسون (معامل التشكل العرضي). 11 ـ معامل التمدد الحراري. 12 ـ معامل مرونة القص $G = E / [(2 (1 + \nu)]$ وهو يرتبط بمعامل بواسون. **13 ـ نوع التصميم.** **14 ـ بيانات خصائص التصميم.**
15 ـ إجهاد السيلان في الفولاذ (f_y). 16 ـ المقاومة الأسطوانية للخرسانة (f_c).
17 ـ إجهاد السيلان في الفولاذ على القص (f_{ys}). 18 ـ تحمل الخرسانة على القص (f_{cs}).. (وهي تمثل المقاومة المعيارة للخرسانة على القص وليس المقاومة المميزة).

Material Property Data

Material Name	CONC1

Type of Material	Type of Design
◉ Isotropic ○ Orthotropic ○ Anisotropic	Design: Concrete

Analysis Property Data		Design Property Data	
Mass per unit Volume	0.255	Reinforcing yield stress, fy	36000
Weight per unit Volume	2.500	Concrete strength (Cylinder), fc	2000
Modulus of Elasticity	2100000	Shear steel yield stress, fys	24000
Poisson's Ratio	0.22	Concrete shear strength, fcs	500
Coeff of Thermal Expansion	1.0E-05		
Shear Modulii	7841930.		

OK Cancel

الشكل 63 – 2

2 – 2 – 3 تعريف مقاطع الكمرات

يتم تعريف هذه العناصر من أجل التحليل والتصميم كما يلي:

Define → Frame Sections → Add I / Wide Flange → Add Rectangular

يظهر صندوق الحوار الفرعي (Rectangular Section) كما في الشكل (64 – 1) →

أدخل → Section Name = ... , Material = CONC1 , Depth (t3) = ... , Width (t2) =

ويمكن معاينة الخصائص من زر (Section Property) وتعديل

المعاملات من (Modification factors) – انظر المثال 10 في الجزء الأول

اضغط من أجل التصميم زر (Reinforcement) في صندوق الحوار →

الفرعي السابق لتحصل على صندوق الحوار الجديد

(Reinforcement Data – بيانات التسليح) كما هو مشروح في الشكل (64 – 2) →

... OK (لإغلاق كافة الصناديق) → عدل قيم التغطية وعدد القضبان حسب المطلوب →

Rectangular Section

Section Name BEAB

Properties
Section Properties | Modification Factors

Material CONC1

Dimensions
Depth (t3) 0.50
Width (t2) 0.25

2
3

Concrete
Reinforcement

OK Cancel

الشكل 64 ـ 1

Reinforcement Data

1 Element Class
2 Column 3 Beam

4 Concrete Cover to Rebar Center
5 Top 0.05
6 Bottom 0.05

7 Reinforcement Overrides for Ductile Beams
8 Left 9 Right
5 Top 0 0
6 Bottom 0 0

OK Cancel

الشكل 64 ـ 2

1 ـ نوع العنصر الإطاري. 2 ـ عمود. 3 ـ كمرة. **4 ـ سماكة التغطية من طرف الكمرة وحتى مركز القضبان..**
5 ـ من الأعلى. 6 ـ من الأسفل. **7 ـ الزيادة أو التجاوز في طول التسليح العلوي للكمرات المطاوعة (من المهم جداً الانتباه إلى أن اعتماد مثل هذه الزيادات تتطلب زيادة تسليح القص).** 7 ـ من اليسار. 8 ـ من اليمين.

• ملاحظات حول تصميم الكمرات في البرنامج

1 ـ ينجز تحليل المنشأ المؤلف من عناصر إطارية (خطية) ويصمم الكمرات دون إعطاء نتائج خاصة بالتحقيق كما يحدث حين تصميم عناصر الأعمدة.

2 ـ يعمل البرنامج في بداية التصميم على اعتبار الكمرة أحادية التسليح. ثم يتأكد من كفاية المقطع. وفي حال عدم تحقق ذلك يعتبر البرامج أن الكمرة ثنائية التسليح حيث يقوم بحساب تسليح الضغط.

3 ـ يصمم البرنامج تسليح القص اللازم في الحالة التوازنية بعد حساب كلٍ من قوة القص المطبقة وتحمل الخرسانة للقص.

ـ يأخذ البرنامج تأثيرات الزلازل بالاعتبار حين اختيار التصميم وفق الكود الأمريكي (ACI 318 - 95) أو الكود الكندي (CSA A23.3 - 94).

2 ـ 2 ـ 4 تعريف مقاطع الأعمدة

يتم تعريف هذه العناصر من أجل التحليل والتحقيق والتصميم كما يلي:

Define → Frame Sections → Add I / Wide Flange

→ Add Rectangular Or Add Circle (إضافة مقطع مستطيل أو دائري.. ولنعتبر الأول) →

يظهر صندوق حوار فرعي (Rectangular Section) →

أدخل Section Name = ... , Material = CONC1 , Depth (t3) = ... , Width (t2) = →

ويمكن معاينة الخصائص من زر (Section Property) وتعديل المعاملات من (Modification factors) ـ انظر المثال 10 في الجزء الأول

اضغط من أجل التصميم زر (Reinforcement) في صندوق الحوار → الفرعي السابق لتحصل على صندوق الحوار الجديد

(Reinforcement Data ـ بيانات التسليح) كما هو مشروح في الشكل (65 ـ 1) →

... OK (لإغلاق كافة الصناديق) ← عدل قيم التغطية وعدد القضبان حسب المطلوب ←

نحصل بعد الموافقة على معطيات الشكل (65 ـ 1) على مقطع العمود كما في الشكل (65 ـ 2) ←

Reinforcement Data

1 **Element Class**
2 ◉ Column 3 ○ Beam

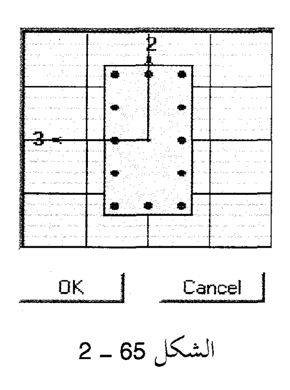
4 **Configuration of Reinforcement**
5 ◉ Rectangular 6 ○ Circular

7 **Rectangular Reinforcement**
8 Cover to Rebar Center 0.03
9 Number of Bars in 3-dir 3
10 Number of Bars in 2-dir 5
11 ○ Area of One Bar
12 ◉ Design Area of Steel

OK Cancel

الشكل 65 ـ 1

1 ـ نوع العنصر الإطاري. 2 ـ عمود. 3 ـ كمرة. **4 ـ شكل التسليح.** 5 ـ مستطيل. 6 ـ دائري. **7 ـ التسليح المستطيل (حاول الضغط على الأمر 6 (Circle) ولاحظ الخيارات المتاحة).** 8 ـ سماكة التغطية من طرف الكمرة وحتى مركز القضبان (تحسب بشكل تلقائي كنسبة من طول ضلع العمود ما لم تعدل يدوياً). 9 ـ عدد القضبان في اتجاه المحور (3). 10 ـ عدد القضبان في اتجاه المحور (2). 11 ـ مساحة مقطع القضيب الواحد المحور (2) **من أجل عمليات التحقيق.** 12 ـ تصميم مساحة الفولاذ **من أجل عمليات التصميم.**



الشكل 65 ـ 2

• **ملاحظات حول تصميم الأعمدة في البرنامج**

1 ـ يستطيع البرنامج تصميم وتحقيق الأعمدة.. وفي حالات التصميم يتم حساب التسليح الطولي اللازم. أما في حالات التحقيق حيث يكون التسليح محددا مسبقا فإن البرنامج يعطي الإجهادات المطبقة كنسب من تحمل العمود.

2 ـ تتم عمليات التصميم من خلال إنشاء مخططات الترابط لعزمي الانحناء في الاتجاهين مع القوة المحورية (انظر الفقرة A ـ 4 في الملحق A) لكافة المقاطع التي تحددها محطات معاينة النتائج، حيث يجري حساب التسليح الطولي اللازم لمقاوم هذه الأفعال الداخلية لنسبة من تحمل العمود تساوي الواحد.

وإذا كان التسليح محدداً مسبقاً فيتم التحقق من المقطع من خلال التأكد من تحمل العمود لكل من القوة المحورية وعزمي الانعطاف والتي يتلقاها في كل طرف من أطرافه.

3 ـ يجري تصميم تسليح القص في العمود.

2 ـ 2 ـ 5 تعريف تراكيب الحمولات

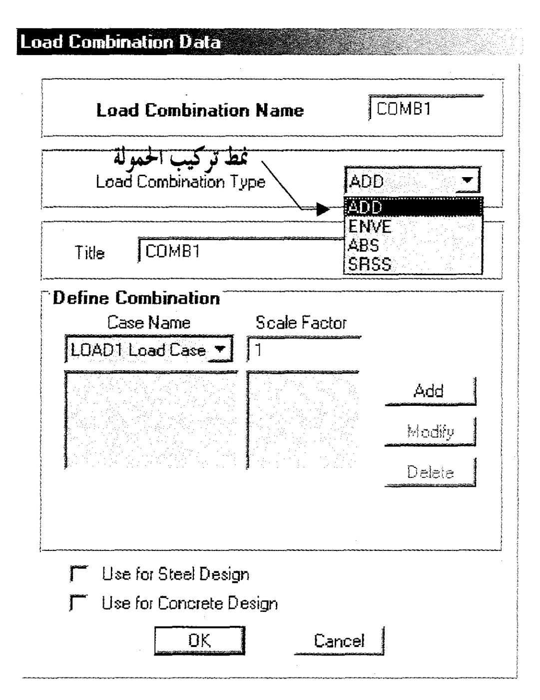
يجري تعريف تراكيب الحمولات بالطريقة المذكورة في الفقرة (4 ـ 4) من الفصل الرابع في الجزء الأول. وفي حال عدم اختيار أي تركيب فإن البرنامج يقوم بتحضير تراكيب تلقائية بحسب الكود المختار في التصميم.. انظر الملاحظات في آخر صفحة من هذا الفصل.

2 ـ 2 ـ 5 ـ 1 أنماط تراكيب الحمولات

يعطي اختيار بيانات تركيب الحمولات (Load Combinations Data) من أمر (Load Combinations) في قائمة (Define) صندوق الحوار (66) والحاوي على أنماط التراكيب التالية:

1 ـ نمط الجمع الجبري (ADD):

يعمل هذا الخيار على تجميع نتائج التحليل من حالات التحميل المختارة جمعاً جبرياً بعد ضرب كل من هذه الحالات بمعامل التصعيد المختار.. وهو يستخدم في حالة التحليل الستاتيكي كما في أمثلة هذا الكتاب.. (انظر الأمثلة في الفقرة التالية).



الشكل 66

2 ـ نمط المغلف (ENVE):

يعمل هذا الخيار على إعطاء النتائج الصغرى والعظمى في عناصر المنشأ. وهو يستخدم في تحليل الحمولات المتحركة للحصول على خطوط التأثير، وفي التحليل الديناميكي.. (انظر الأمثلة في الفقرة التالية).

3 ـ نمط الجمع بطريقة الجذر التربيعي لمجموع المربعات (SRSS):

يعمل هذا الخيار على جمع نتائج حالات التحميل المختارة بطريقة الجذر التربيعي لمجموع مربعاتها. ويستخدم في حالة التحليل الديناميكي كحالة تجميع أطياف الاستجابة. (انظر الأمثلة في الفقرة التالية).

4 ـ نمط الجمع بالقيمة المطلقة (ABS):

يعمل هذا الخيار على إعطاء نتائج حالات التحميل الصغرى والعظمى بالقيمة المطلقة.

وهو أيضاً يستخدم في حالات التحليل الديناميكي. (انظر الأمثلة في الفقرة التالية).

2 ـ 2 ـ 5 ـ 2 أمثلة توضيحية على أنماط تراكيب الحمولات

- **مثال 1**

لنفترض في إحدى المسائل أن حالات التحميل المختارة هي:

ـ حمولات حية (LL) تسبب انتقالاً في عقدة ما قدره (a).

ـ وحمولة زلازل (EL) تسبب انتقالاً في نفس العقدة قدره (b).

حيث (a > b).

وقد تم اختيار تركيبين لهاتين الحمولتين كما يلي:

ـ COMB 1 من النمط (ADD).

ـ COMB 2 من النمط (ENVE).

نحصل بعد التحليل على الانتقالين الأعظمي والأصغري لهذه العقدة ومن أجل كل تركيب كما يلي:

ـ القيمة العظمى من أجل التركيب COMB 1 (ADD) .. (a + b).

ـ القيمة الصغرى من أجل التركيب COMB 1 (ADD) .. (a - b).

ـ القيمة العظمى من أجل التركيب COMB 2 (ENVE) .. max (a , b = a)

ـ القيمة الصغرى من أجل التركيب COMB 2 (ENVE) .. min (a , b = b)

- **مثال 2**

لنفترض في إحدى المسائل أن حالات التحميل المختارة هي:

ـ حمولات ثقالة (GL) تسبب قوة محورية في عنصر معين قدرها (a).

ـ حمولات رياح بالاتجاه X (WL X) تسبب قوة محورية في العنصر المذكور قدرها (b).

ـ حمولات رياح بالاتجاه Y (WL Y) تسبب قوة محورية في العنصر المذكور قدرها (C).

ـ حمولات زلازل (EL) تسبب قوة محورية في العنصر المذكور قدرها (d).

وأن تراكيب الحمولات المطلوبة لهذه الحمولات من أجل التحليل الديناميكي هي:

- COMB 1 (تركيب لحمولتي الرياح بالاتجاهين) من النمط (SRSS).
- COMB 2 (تركيب لحمولة الثقالة مع الزلازل) من النمط (ADD).
- COMB 3 (تركيب لحمولة الثقالة مع كل من حمولتي الرياح بالاتجاهين) من النمط (ADD).
- COMB 4 (تركيب لحمولة الثقالة مع الزلازل مع كل من حمولتي الرياح بالاتجاهين) من النمط (ENVE).

نحصل بعد التحليل على الانتقالين الأعظمي والأصغري لهذه العقدة ومن أجل كل تركيب كما يلي:

- القيمة العظمى من أجل التركيب COMB 1 (SRSS) .. ($\sqrt{b^2+c^2}$)
- القيمة الصغرى من أجل التركيب COMB 1 (SRSS) .. ($-\sqrt{b^2+c^2}$)

- القيمة العظمى من أجل التركيب COMB 2 (ADD) .. $(a+c)$
- القيمة الصغرى من أجل التركيب COMB 2 (ADD) .. $(a-c)$

- القيمة العظمى من أجل التركيب COMB 3 (ADD) .. ($a+\sqrt{b^2+c^2}$)
- القيمة الصغرى من أجل التركيب COMB 3 (ADD) .. ($a-\sqrt{b^2+c^2}$)

- القيمة العظمى من أجل التركيب COMB 4 (ENVE).. $\max[(a+c), (\sqrt{b^2+c^2})]$
- القيمة الصغرى من أجل التركيب COMB 4 (ENVE).. $\min[(c), (c-\sqrt{b^2+c^2})]$

2 ـ 2 ـ 6 تعيين عدد المقاطع

يتم تعيين عدد المحطات أو عدد المقاطع التي نحتاجها لقراءة النتائج كما ذكر في الفقرة (4 ـ 2 ـ 3 ـ 1) على الصفحة (157) من الجزء الأول. مع التذكير بأن العدد التلقائي لهذه المحطات هو (4) للكمرات (يعطي 5 مقاطع)، و (3) للأعمدة (يعطي 4 مقاطع). وحين القبول بهذا العدد فلا نحتاج إلى استخدام الأمر (Output Segment).

2 ـ 2 ـ 7 التصميم

2 ـ 2 ـ 7 ـ 1 اختيار كود التصميم

يجري اختيار كود التصميم كما يلي:

Options → Preferences → Concrete →

نحصل على صندوق الحوار المشروح في الشكل (67)

Preferences

Dimensions | Steel | Concrete

1 Concrete Design code: ACI 318-95

2 Interaction Diagram Parameters
3 Number of Curves: 7   4 Points/Curve: 11

5 Response Spectrum Multivalued Case Design
6 Envelope

7 Time History Multivalued Case Design
6 Envelope   8 Time Step

9 Moving Load Multivalued Case Design
6 Envelope   10 Max/Min Correspondence

11 Strength Reduction Factors
12 Bending/Tension: 0.9   13 Shear: 0.85
14 Compression (T): 0.7   15 Compression (S): 0.75

OK   Cancel

الشكل 67

1 ـ الكود المعتمد لتصميم الخرسانة. **2 ـ متحولات مخطط الترابط.** 3 ـ عدد المنحنيات. 4 ـ عدد النقاط في المنحني الواحد. **5 ـ التصميم وفق مغلف طيف الاستجابة متعدد الأنماط (زلازل).** 6 ـ مغلف. **7 ـ التصميم وفق مغلف التاريخ الزمني للهزة (أو الحمولة المتغيرة مع الزمن ـ زلازل).** 8 ـ وفق فترات زمنية. **9 ـ التصميم وفق طيف مغلف الحمولات المتحركة.** 10 ـ وفق القيمة العظمى أو الدنيا. **11 ـ معاملات خفض المقاومة.** 12 ـ الشد / الانعطاف. 13 ـ القص. 14 ـ الضغط لحالة التسليح العادي. 15 ـ الضغط لحالة التسليح الحلزوني.

2 ـ 2 ـ 7 ـ 2 إضافة تركيب الحمولات التصميمية

يتم اختيار تركيب الحمولات التي ستدخل في التصميم كما يلي:

Design → Select Design Combos = Ctrl + F6 → (نحصل على صندوق الحوار) →

→ يتم اختيار التراكيب المعرفة في قائمة (Define) ثم الضغط على زر (Add) لإضافتها

Design Load Combinations Selection

Choose Combos

List of Combos

COMB1
COMB2

Add ->
<- Remove
Show

Design Combos

DSTL1
DSTL2
DSTL3
DSTL4
DSTL5
DSTL6

OK
Cancel

الشكل 67 ـ 1

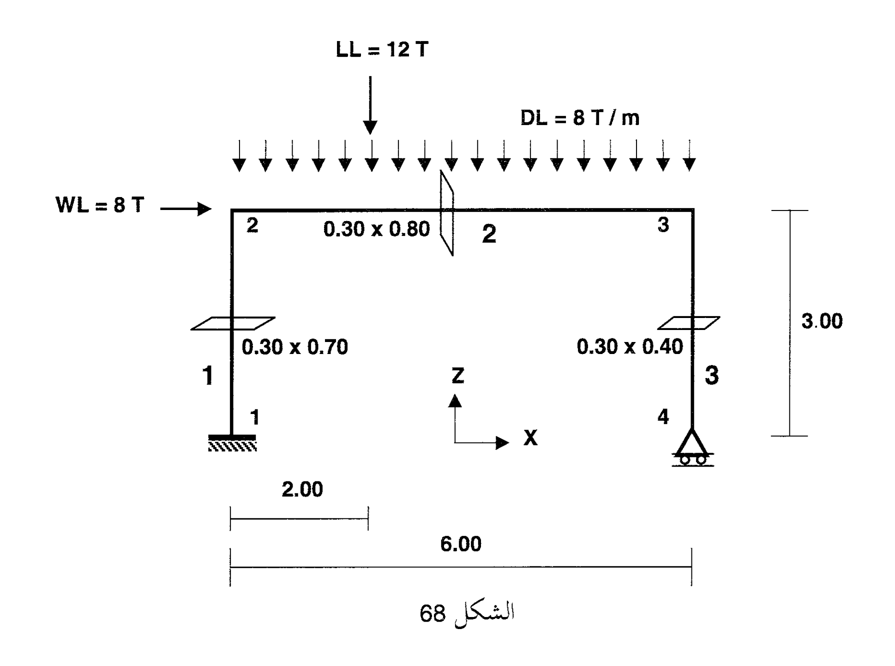
يمكن معاينة أي تركيب في النافذة السابقة بعد اختياره من أمر (Show)، حيث تفتح نافذة تحتوي على معلومات مختلفة تتعلق بهذا التركيب.

2 ـ 3 مثال 4 ـ تحليل وتصميم إطار بسيط

يطلب تحليل وتصميم الإطار الخرساني ثنائي الأبعاد المبين في الشكل (68) مع إدخال الوزن الذاتي له في حالة الحمولات الميتة (DL).

ـ قم بإجراء تحقيق على الأعمدة.

ـ اختر أية تراكيب للحمولات واعتمد الكود الأمريكي (ACI 318 94) في التصميم.



الشكل 68

2 ـ 3 ـ 1 النمذجة وتنفيذ التحليل العادي

1 ـ اختر الواحدات (Ton - m).

2 ـ ارسم الإطار بحيث تكون أرقام العقد والعناصر كما في الشكل (68).

3 ـ اختر العقدة (1) وعين مسندا موثوقا ثم اختر العقدة (2) وعين مسندا متدحرجا.

4 ـ حدد ما يلي من قائمة (Define) :

آ ـ المادة:

Define ⟶ Material ⟶ CONC1 ⟶ OK

ب ـ المقاطع:

Define ⟶ Frame Sections ⟶ Add I / Wide Flange ⟶ Add Rectangular

Section Name = C1 , Material = CONC , Depth (t3) = 0.70

Wide (t2) = 0.30 ⟶ reinforcement (من أجل التصميم)

أدخل البيانات في صندوق الحوار الناتج كما في الشكل (69). ثم اضغط (OK) لإغلاق كافة النوافذ

Reinforcement Data

Element Class

◉ Column ○ Beam

Configuration of Reinforcement

◉ Rectangular ○ Circular

Rectangular Reinforcement

Cover to Rebar Center 0.04

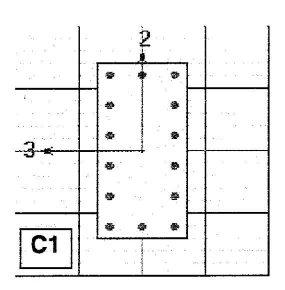
Number of Bars in 3-dir 3

Number of Bars in 2-dir 6

○ Area of One Bar

◉ Design Area of Steel

OK Cancel



الشكل 69

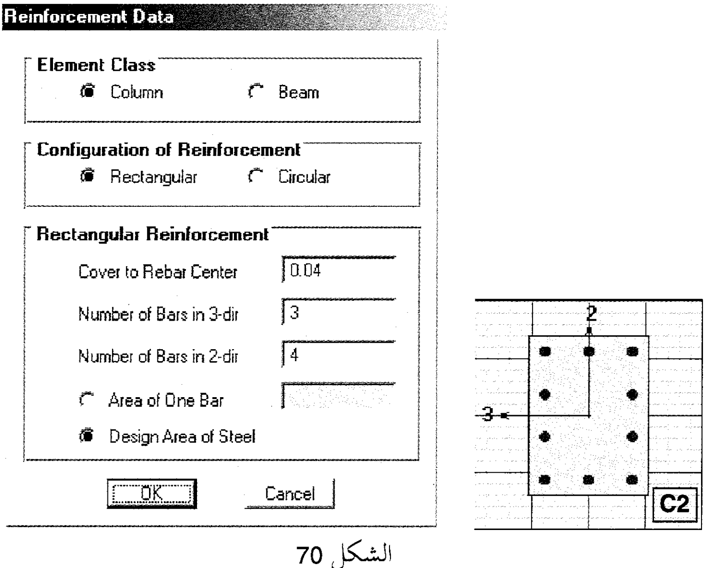
صندوق الحوار مشروح في الشكل 65

Define → Frame Sections → Add I / Wide Flange → Add Rectangular

Section Name = C2 , Material = CONC , Depth (t3) = 0.40

Wide (t2) = 0.30 → reinforcement

أدخل البيانات في صندوق الحوار الناتج كما في الشكل (70). ثم اضغط (OK) لإغلاق كافة النوافذ



Reinforcement Data

Element Class
(•) Column ( ) Beam

Configuration of Reinforcement
(•) Rectangular ( ) Circular

Rectangular Reinforcement
Cover to Rebar Center: 0.04
Number of Bars in 3-dir: 3
Number of Bars in 2-dir: 4
( ) Area of One Bar
(•) Design Area of Steel

OK Cancel

الشكل 70

Define → Frame Sections → Add I / Wide Flange → Add Rectangular

Section Name = B , Material = CONC , Depth (t3) = 0.80

Wide (t2) = 0.30 → reinforcement

إدخال البيانات في صندوق الحوار الناتج كما في الشكل (71). ثم اضغط (OK) لإغلاق كافة النوافذ

Reinforcement Data

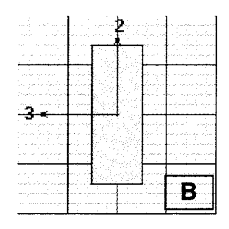
Element Class
( ) Column (•) Beam

Concrete Cover to Rebar Center
Top: 0.05
Bottom: 0.05

Reinforcement Overrides for Ductile Beams

	Left	Right
Top	0	0
Bottom	0	0

OK Cancel



الشكل 71

لا يرسم التسليح على الكمرات

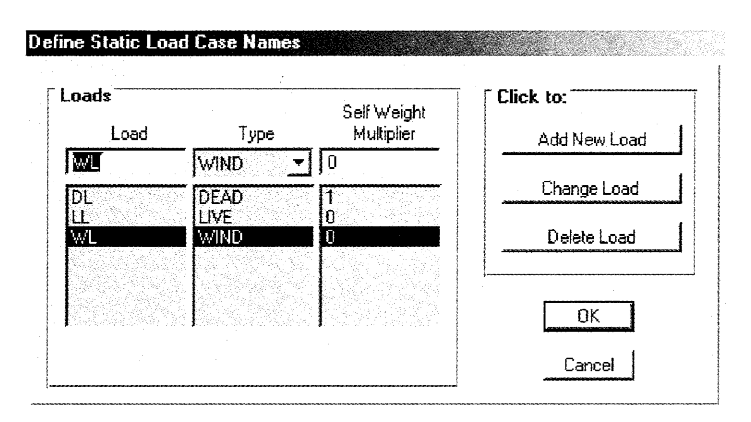
جـ ـ حالات التحميل:

Define → Static Load Cases → Load = DL , Type = DEAD ,

Self Weight = 1 → Change Load → OK

Load = LL , Type = LIVE , Self Weight = 0 → Add New Load → OK

Load = WL , Type = WIND , Self Weight = 0 → Add New Load → OK → OK



الشكل 72

5 ـ عين المقاطع:

Select C1 → Assign → Frame → Sections → C1 → OK

Select C2 → Assign → Frame → Sections → C2 → OK

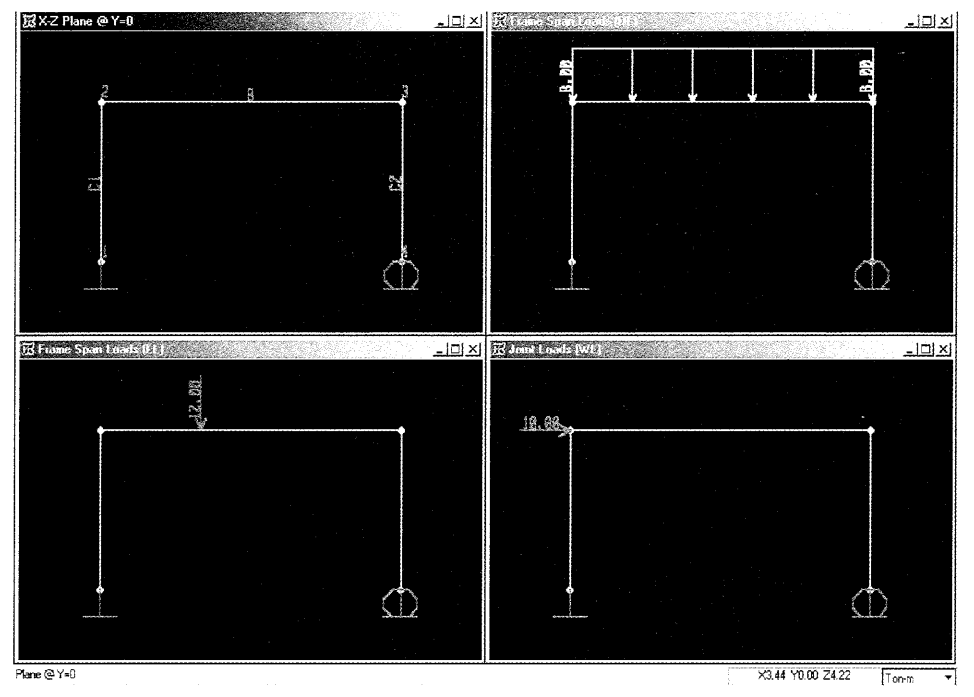
Select B → Assign → Frame → Sections → B → OK

6 ـ عين عدد المقاطع أو محطات معاينة النتائج:

اختر أي عنصر ثم اضغط أمر (Frame) من قائمة (Assign) ومنه الخيار (Output Segment) وأدخل العدد المطلوب في صندوق الحوار الناتج. أو وافق على الخيارات التلقائية.

7 ـ عين الحمولات

ـ من أجل ذلك راجع المثال (16) من الجزء الأول.. (الشكل 73).



الشكل 73

8 ـ حدد تراكيب الحمولات كما يلي:

سنكتفي في هذا المثال بالتركيبين التاليين، ونترك للزميل القارئ التدريب على كافة التراكيب الأخرى مع ملاحظة إمكانية إضافة تراكيب جديدة للتراكيب التلقائية للكود المختار كما يلي..

انظر الملاحظات في آخر هذا الفصل.

Define → Load Combinations → Add Default Design Combo → OK

ـ عدل في التراكيب المضافة اضغط (Modify / Show Combo)، واعتمد التركيبين التاليين:

COBM1 = 1.4 DL

COBM2 = 1.4 DL + 1.7 LL + 1.7 WL

ـ ضع إشارة تحقق بجانب (Use For Concrete Design).

ـ أضف تراكيب الحمولات كما في الفقرة (2 ـ 2 ـ 4 ـ 2) أعلاه.

ـ اختر من قائمة (Design) الأمر (Select Design Combos =Ctrl + F6) لمعاينة التراكيب المذكورة.

9 ـ اختر نوع التحليل (عادي):

Analyze → Set Options → XZ Plane → OK

ـ ضع إشارة تحقق بجانب (Generate Output).

ـ اضغط زر (Select Output Options) وحدد كافة خيارات النتائج من أجل كافة حالات التحميل وتركيب الحمولات المتاحة ثم (OK).

10 ـ اختر كود التصميم كما ورد في الفقرة (2 ـ 2 ـ 7).

11 ـ ابدأ التحليل بالضغط على مفتاح (F5).

12 ـ تأكد من اكتمال التحليل بظهور رسالة (Analysis Complete) دون تحذيرات (Warnings) في هذه المسألة عن طريق الشريط التمرير.

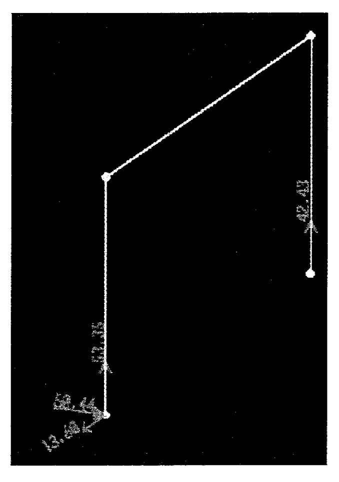
2 ـ 3 ـ 2 قراءة نتائج التحليل العادي

1 ـ عاين ردود الأفعال على المنشأ بضغط الأيقونة [J] أو استخدم أوامر القوائم كما يلي:

Display → Show Element Forces / Stress → Joint →

(اختر أية حالة التحميل أو تركيب للحمولة) → OK

لاحظ أنه من أجل التركيب الثاني (COMB2 = 1.4 DL + 1.7 LL + 1.7 WL) تكون ردود الأفعال كما في الشكل (74).



الشكل 74

ضع مؤشر الماوس على المسند الموثوق واضغط الزر الأيمن للحصول على ردود الفعل كما في الشكل (75)

Joint Reactions

Joint ID **1**

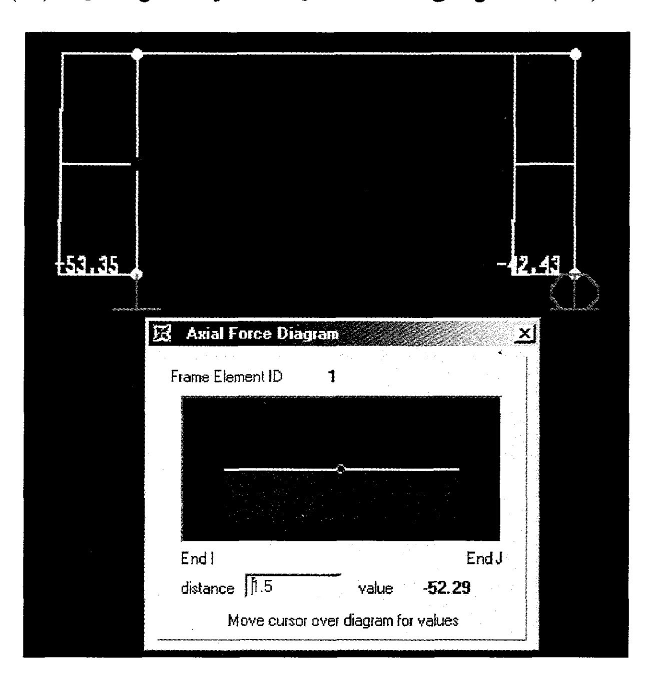
	1	2	3
Force	-13.600	0.000	53.347
Moment	0.000	-50.438	0.000

الشكل 75

2 ـ عاين مخطط القوى المحورية على المنشأ، من أجل تركيب الحمولة (.Comb) بالضغط الأيقونة **F** أو استخدم أوامر القوائم كما يلي:

Display → Show Element Forces / Stress → Frames

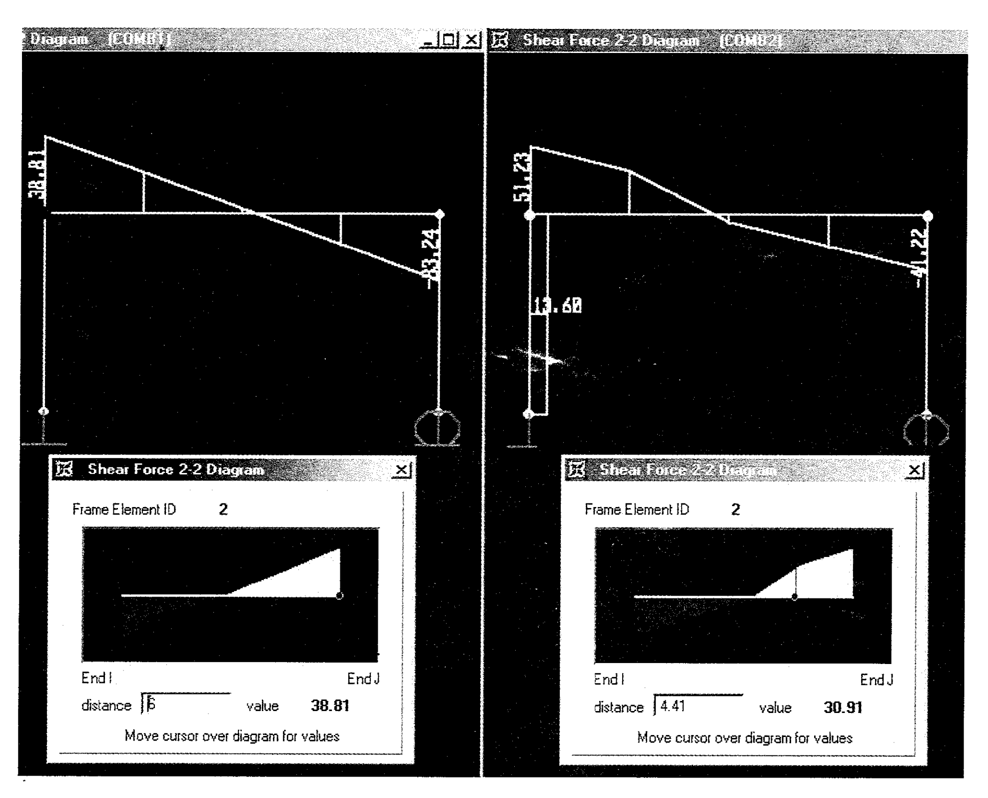
حدد في صندوق الحوار الناتج تركيب الحمولة (COMB2) وضع إشارة ⦿ بجانب خيار (Axial Force) ثم ضع إشارة تحقق بجانب خيار (Show Value On Diagram) واضغط (OK) لتحصل على المخطط المطلوب كما في الشكل المطلوب (76).



الشكل 76

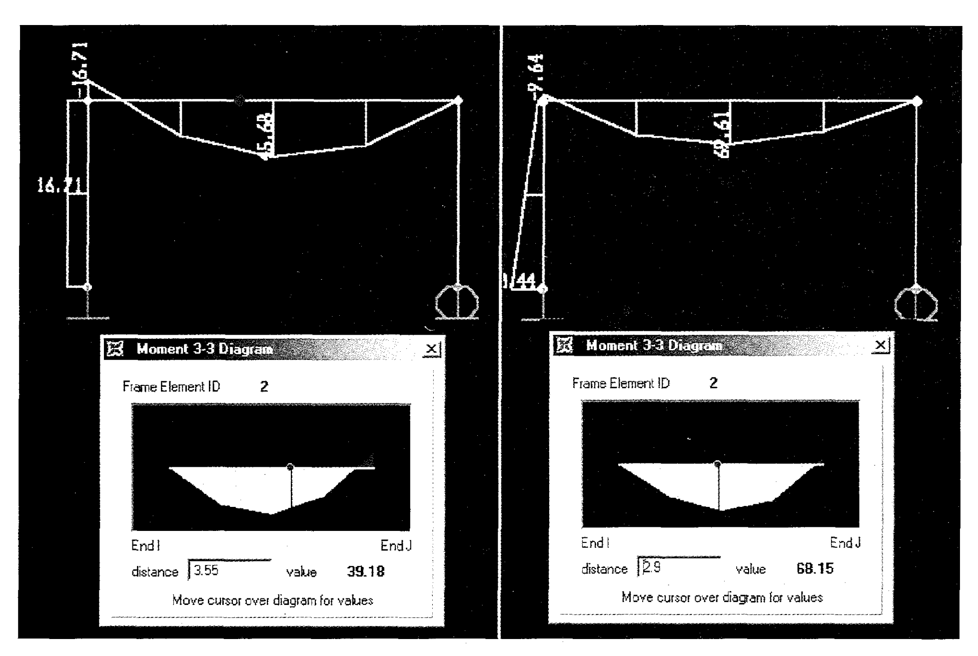
ـ ضع مؤشر الماوس على العمود (C1) واضغط الزر الأيمن لمعاينة مخطط القوى المحورية كما في أسفل الشكل السابق.

3 ـ عاين مخطط قوى القص (Shear 2 - 2) كما سبق لتركيب الحمولات الأول وأعد المعاينة من أجل التركيب الثاني. ثم ضع مؤشر الماوس على الكمرة (B) لإحدى الحالتين واضغط الزر الأيمن (الشكل 77).



الشكل 77

4 ـ عاين مخطط قوى عزم الانعطاف (Moment 3 - 3) لتركيبي الحمولة ثم ضع مؤشر الماوس على الكمرة (B) لإحدى الحالتين واضغط الزر الأيمن (الشكل 78).



الشكل 78

2 ـ 3 ـ 3 قراءة نتائج التصميم العادي

2 ـ 3 ـ 3 ـ 1 معاينة نتائج التصميم على المنشأ:

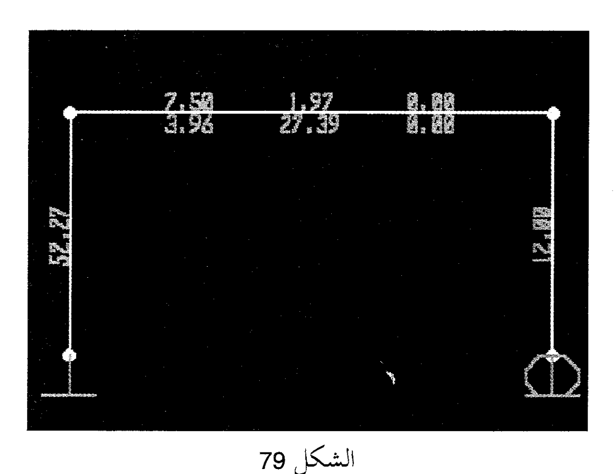
1 ـ بدل الواحدات إلى (kg - cm) بدلا من (Ton - m) من أجل قراءة نتائج التسليح.

2 ـ من قائمة (Design) اختر الأمر (Start Design / Check Of Structure = Ctrl + F5) وتأكد من وجود إشارة بجانب أمر (Concrete Design)، وستجد أن مساحات التسليح الطولي كتبت على عناصر المنشأ كما في الشكل (79).

ـ ملاحظة: إذا تم اختيار أي من عناصر المنشأ فسيتم عرض نتائج تصميم هذه العناصر فقط.

2 ـ 3 ـ 3 ـ 2 معاينة تفصيلات تصميم الكمرات:

1 ـ اضغط بزر الماوس الأيمن على الكمرة (B) في الشكل (79) لتحصل على النافذة المشروحة في الشكل (80).



الشكل 79

- الواحدات (kg , cm).
- لا يظهر البرنامج إلا ثلاث قيم للعنصر.

Concrete Design Information

[8] Details [9] ReDesign

[1] Frame ID 2
[2] Section ID B

[3] COMBO ID	[4] STATION LOC	[5] TOP STEEL	[6] BOTTOM STEEL	[7] SHEAR STEEL
COMB1	300.00	1.967	17.203	0.000
COMB1	450.00	1.967	10.243	0.048
COMB1	600.00	7.500	3.958	0.148
COMB2	0.00	0.000	0.000	0.149
COMB2	150.00	1.132	18.278	0.048

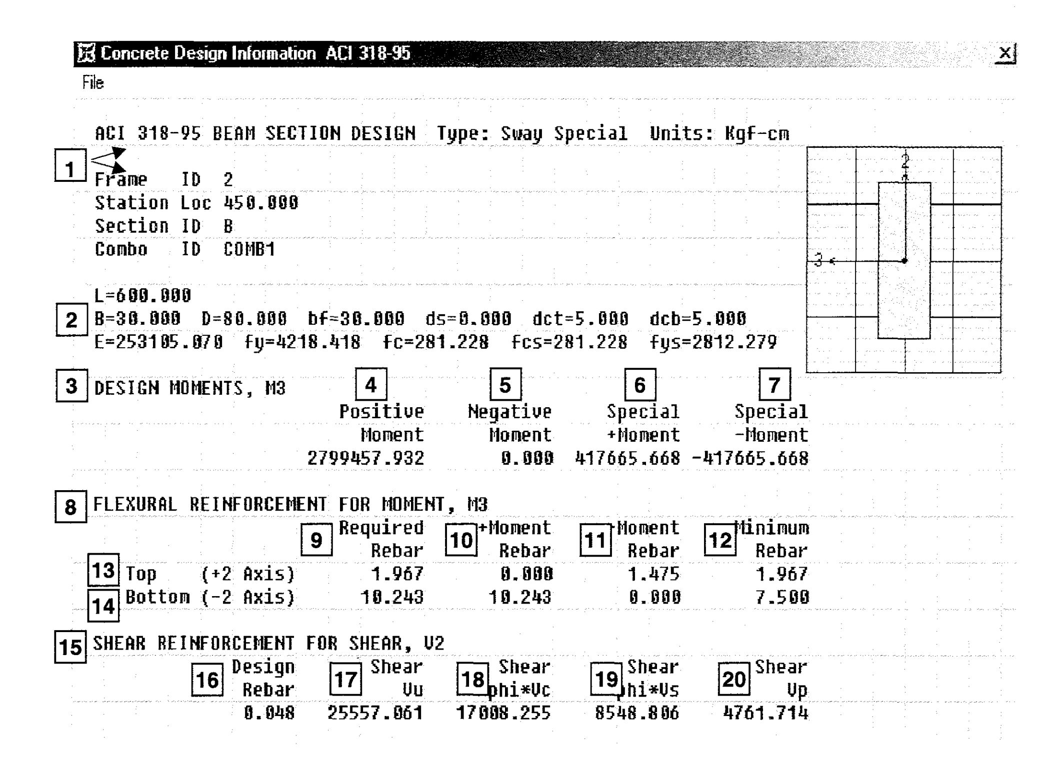
OK Cancel

الشكل 80

1 ـ رقم العنصر الإطاري. 2 ـ اسم المقطع. 3 ـ تركيب الحمولة. 4 ـ موقع المقطع أو المحطة بدءا من عقدة البداية في العنصر. 5 ـ مساحة التسليح العلوي. 6 ـ مساحة التسليح السفلي 6 ـ مساحة تسليح القص. 8 ـ تفصيلات التصميم. 9 ـ خيارات إعادة التصميم.

ـ تم شرح الخيارين (8 و 9) في الفقرتين التاليتين.

2 ـ اختر في الشكل (80) أي سطر (لأي مقطع وتركيب للحمولة) وليكن المقطع المحدد في هذا الشكل، ثم اضغط زر (Details) لتحصل على النافذة المشروحة في الشكل (81).



الشكل 81

1 ـ كود التصميم واسم العنصر والنمط والواحدات (انظر البند (ب) من الفقرة 2 ـ 3 ـ 5 من أجل النمط).. ونوع العنصر وعناوين أخرى. 2 ـ خصائص العنصر و المقطع والمواد. 3 ـ العزوم التصميمية (M3) حول المحور (33). 4 ـ العزم التصميمي الموجب.). 5 ـ العزم التصميمي السالب. 6 ـ العزم التصميمي الموجب الخاص (حالة الإطارات الخاصة المقاومة للعزوم). 7 ـ العزم التصميمي السالب الخاص (حالة الإطارات الخاصة المقاومة للعزوم). 8 ـ تسليح عزم الانعطاف (M3). 9 ـ التسليح اللازم أو المطلوب. 10 ـ التسليح المحسوب لمقاومة العزم الموجب في المقطع المعتبر. 11 ـ التسليح المحسوب لمقاومة العزم السالب في المقطع المدروس. 12 ـ التسليح الأدنى المطلوب. 13 ـ علوي. 14 ـ سفلي. 15 ـ تسليح القص (V2) باتجاه المحور (22). 16 ـ التسليح اللازم لمقاومة القص. 17 ـ (Vu = Vp + VDL).. *انظر تصميم الكمرات في الملحق (A) والملاحظة (1) أدناه.* 18 ـ قدرة تحمل الخرسانة للقص. 19 ـ قدرة تحمل الفولاذ للقص. 20 ـ قدرة تحمل الإطار الخاص للقص.

- **ملاحظات هامة حول الشكل (81)**

1 ـ تؤخذ (V p) في الخيار رقم (17) من الشكل (81) أكبر القيمتين التاليتين:

ـ من الحمولات على المجاز

$$Vp_1 = \frac{M^+ + M^-}{L}$$

M -   M +   L

ـ من الحمولات في طرفي الكمرة

$$Vp_2 = \frac{M^+ + M^-}{L}$$

M +   M -   L

2 ـ إذا اعتبرنا أن خطوة الأساور المقاومة للقص في الخيار رقم (16) من الشكل (81) هي (20 cm) مثلا ، تكون المساحة المطلوبة لهذا التسليح في الخطوة هي ($0.048 \times 20 = 0.96\ cm^2 / 20$ cm). ويختص هذا الأمر بتسليح القص فقط.

2 ـ 3 ـ 3 ـ 3 خيارات تعديل التصميم في الشكل (81).

1 ـ اضغط في الشكل (81) خيار إعادة التصميم (Redesign) لتحصل على الشكل (82).

lement Overwrite Assignments

Assignment Options
- Live Load Reduction Factor: 0
- Unbraced Length Ratio (Major): 0
- Unbraced Length Ratio (Minor): 0
- Effective Length Factor (K Major)
- Effective Length Factor (K Minor)
- Moment Coefficient (Cm Major)
- Moment Coefficient (Cm Minor)

Element Section
- Change: B

Element Type
- 1 Sway Special
- 2 Sway Intermediate
- 3 Sway Ordinary
- 4 NonSway

الشكل 82

1 ـ عناصر من الإطارات الخاصة المقاومة للعزوم.   2 ـ عناصر من الإطارات المتوسطة المقاومة للعزوم.

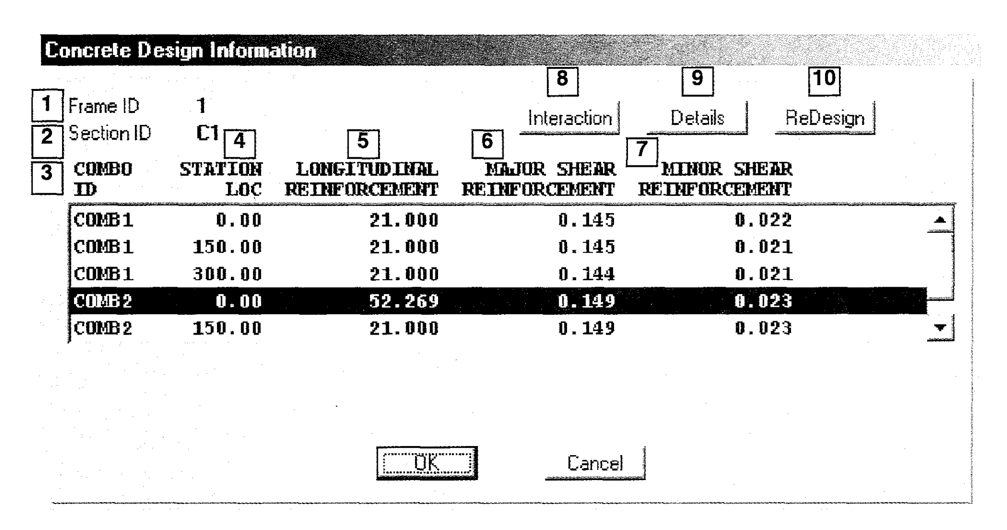
3 ـ عناصر من الإطارات العادية.   4 ـ عناصر بدون ميلان أو انزياح جانبي.

ـ انظر الفقرة (A ـ 4 ـ 4 ـ 1) في الملحق (A).

2 ـ ضع إشارة أما الرقم (3) (Sway Ordinary ـ عناصر من إطارات عادية) ثم أعد التحليل وقارن النتائج.

2 ـ 3 ـ 3 ـ 4 معاينة نتائج تصميم الأعمدة:

1 ـ اضغط بزر الماوس الأيمن على العمود (C1) في الشكل (79) لتحصل على النافذة الموضحة في الشكل (83).



3 COMBO ID	4 STATION LOC	5 LONGITUDINAL REINFORCEMENT	6 MAJOR SHEAR REINFORCEMENT	7 MINOR SHEAR REINFORCEMENT
COMB1	0.00	21.000	0.145	0.022
COMB1	150.00	21.000	0.145	0.021
COMB1	300.00	21.000	0.144	0.021
COMB2	0.00	52.269	0.149	0.023
COMB2	150.00	21.000	0.149	0.023

الشكل 83

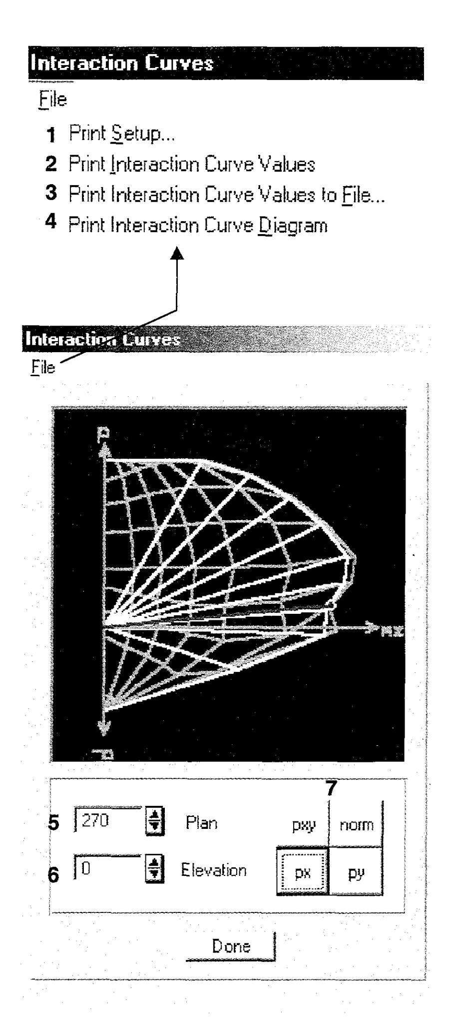
1 ـ رقم العنصر الإطاري. 2 ـ اسم المقطع. 3 ـ تركيب الحمولة. 4 ـ موقع المقطع أو المحطة بدءا من عقدة البداية في العنصر. 5 ـ مساحة التسليح الطولي. 6 ـ مساحة تسليح القص في الاتجاه الرئيسي. 7 ـ مساحة تسليح القص في الاتجاه الثانوي. 8 ـ مخططات الترابط. 9 ـ تفصيلات التصميم

10 ـ خيارات إعادة التصميم (كما في حالة الكمرات أعلاه).

ـ تم شرح الخيارين (8 و 9) أدناه.

أولا ـ معاينة مخططات الترابط:

1 ـ اضغط في الشكل (83) زر (Interaction) لمعاينة مخطط الترابط كما في الشكل (84).



الشكل 84

1 ـ إعدادات الطابعة.

2 ـ طباعة القيم الرقمية لمخططات الترابط على الورق.

3 ـ طباعة أو حفظ قيم المخطط على ملف آخر (كملفات برنامج **Excel** مثلا).

4 ـ طباعة قيم مخططات الترابط على الورق.

5 ـ زاوية معاينة المخطط في المسقط بالدرجات (من 0 وحتى 360 درجة).

6 ـ زاوية معاينة المخطط في الواجهة بالدرجات (من 0 وحتى 90 درجة).

7 ـ مناظر أو معاينات مختلفة لمخطط الترابط.

ثانيا ـ حفظ ملف مخططات الترابط في ملف آخر :

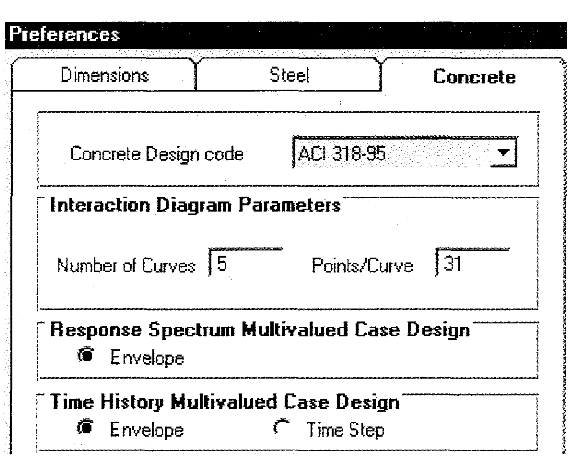
يمكن نقل النتائج الرقمية لمخططات الترابط إلى ملف آخر. وكمثال على ذلك يمكن استخدام برنامج (Excel) لهذا الغرض كما يلي:

1 ـ أغلق نوافذ الشكلين السابقين.

2 ـ أعد الواحدات إلى (Ton - m)

3 ـ غير في صندوق الحوار الناتج عدد المنحنيات وعدد النقاط في المنحني الواحد كما في الشكل (85).

عدّل القيم المذكور ← Options → Preferences → Concrete



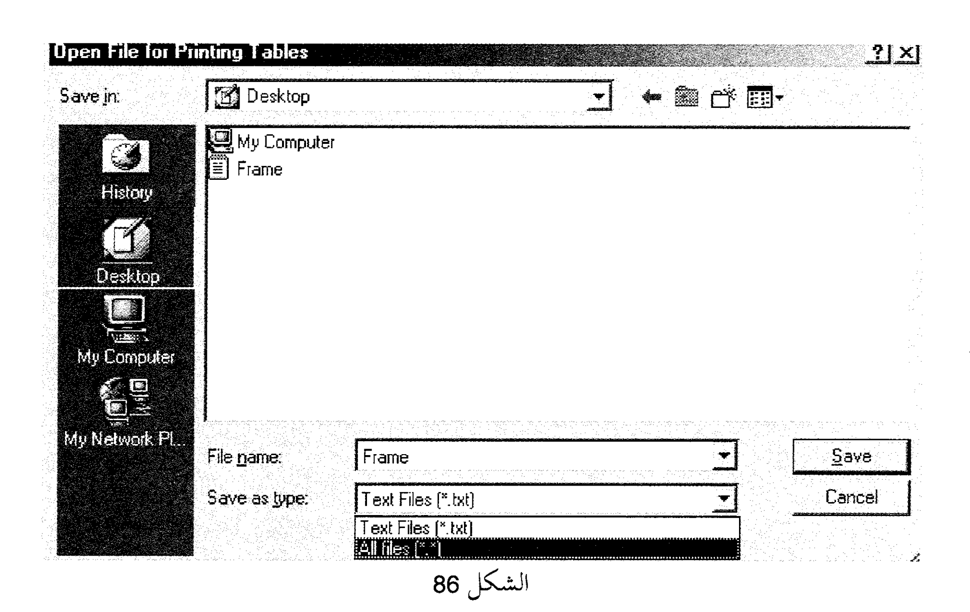
الشكل 85

4 ـ أعد التحليل ثم افتح صندوق الحوار المبين في الشكل (84).

5 ـ اضغط من قائمة (File) الخيار (Print Antarctica Curve Values To file) لتظهر النافذة الموضحة في الشكل (86).

6 ـ أدخل اسم الملف الجديد وموقع الحفظ.. ثم اضغط (Save).

يمكنك معاينة محتويات هذا الملف عن طريق أي من برامج تحرير النصوص.



الشكل 86

7 ـ افتح برنامج (Excel) (مهما كانت نسخة Office عربية أو إنكليزية) ثم قم بما يلي:

File (ملف) ⟶ Open (فتح) ⟶ حدد الخيارات الموضحة في الشكل 87 ⟶ OK

Next ⟶ Next ⟶ Finish

الشكل 87

8 ـ احفظ ملف (Excel) الجديد بأي اسم في أي مكان تختار بعد إجراء التنسيقات التي تخرج البيانات بشكل أفضل *.

9 ـ لاحظ في الملف المذكور أن عدد مخططات الترابط هي (5) حسب الخيار المدخل في البند (3) أعلاه.

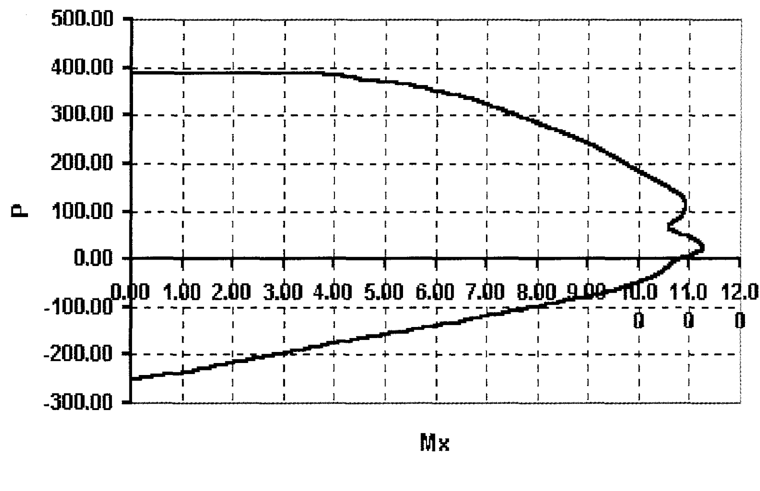
10 ـ لنأخذ مثلا بيانات مخطط الترابط رقم (4) في الملف السابق (من Excel) والذي يبدو كما في الشكل (88).

	A	B	C	D	E	F
160						
161	PO	INT		P	MX	MY
162		1		399.1564	0	0
163		2		399.1564	2.0984	5.066
164		3		399.1564	2.7895	6.7344
165		4		399.1564	3.5464	8.5618
166		5		392.0922	4.326	10.444
167		6		381.4187	5.1019	12.317
168		7		369.4123	5.8534	14.1313
169		8		351.214	6.5626	15.8435
170		9		332.9434	7.1022	17.1462
171		10		310.8913	7.6602	18.4933
172		11		287.1899	8.1774	19.742
173		12		261.9179	8.6615	20.9108
174		13		234.7462	9.1103	21.9942
175		14		206.3864	9.4997	22.9344
176		15		175.4586	9.8889	23.8738
177		16		141.0499	10.2098	24.6486
178		17		119.4848	10.123	24.439
179		18		97.7516	9.9191	23.9469
180		19		75.8624	9.5868	23.1445
181		20		54.7616	9.6324	23.2546
182		21		33.8023	9.6275	23.2429
183		22		11.5549	9.3481	22.5684
184		23		-8.9996	8.9455	21.5962
185		24		-32.5508	8.3672	20.2002
186		25		-59.6491	7.3237	17.681
187		26		-85.3804	6.0703	14.655
188		27		-121.349	4.29	10.357
189		28		-170.694	1.9479	4.7026
190		29		-183.353	1.0522	2.5403
191		30		-192.481	0.5054	1.2201
192		31		-201.105	0	0

الشكل 88

* انظر كتاب الاستخدام العملي لبرنامج (Excel) تأليف المهندس عماد درويش – إصدار دار دمشق 199

11 ـ حاول رسم مخطط الترابط المذكور بين (P و M x) على برنامج (Excel) كما في الشكل (89).



الشكل 89

ـ معاينة تفصيلات تصميم الأعمدة:

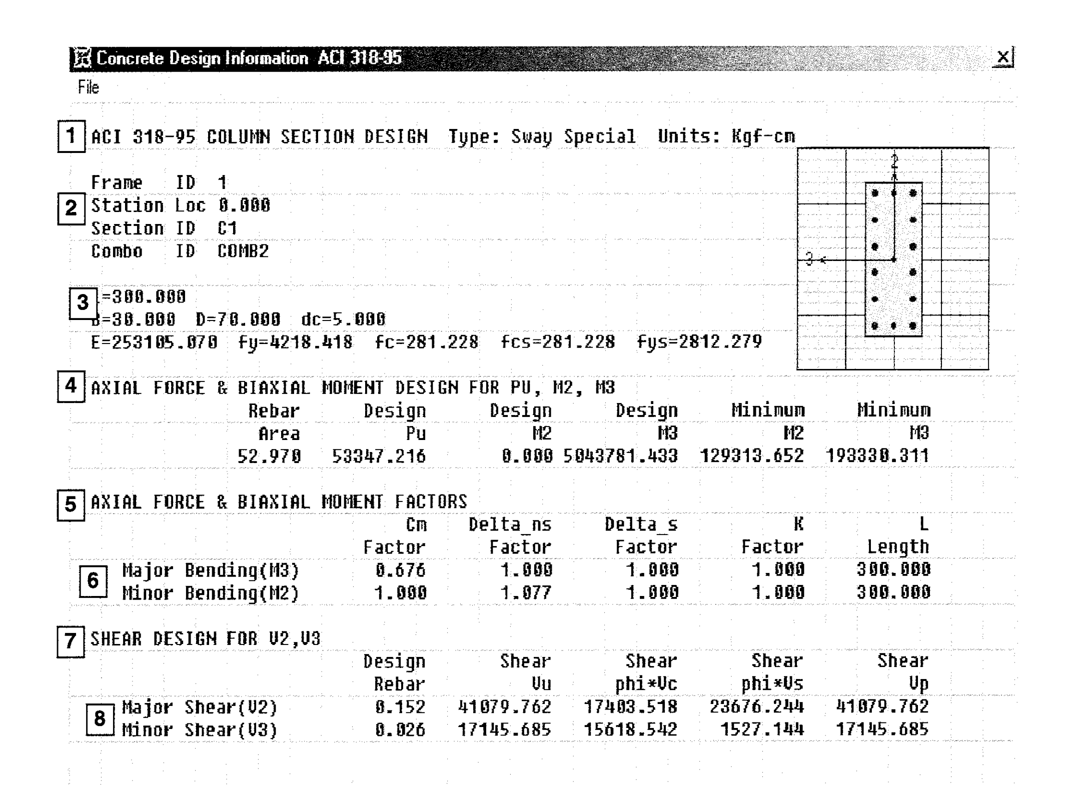
ـ استرجع صندوق الحوار الموضح في الشكل (83)، ثم اضغط زر (Details) من أجل أي مقطع لتحصل على نافذة مشابهة لما يبينه الشكل (90).

ـ يتم تعديل التصميم كما سبق في الكمرات.

ـ كرر ما سبق على العمود (C2).

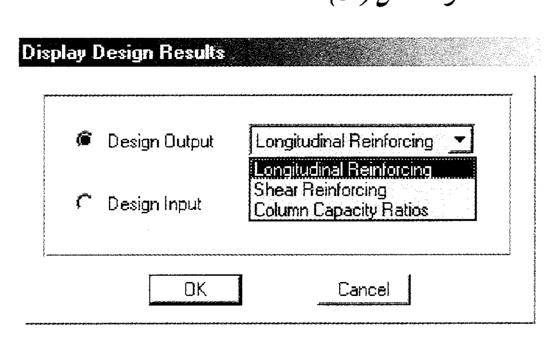
2 ـ 3 ـ 3 ـ 5 معاينة نتائج التصميم المختلفة على المنشأ بطريقة أخرى:

1 ـ اضغط من قائمة (Design) أمر (Display Design Info = Ctrl + F8) لتحصل على النافذة (Display Design Results ـ عرض نتائج التصميم) الموضحة في الشكل (91).



الشكل 90

1 ـ اسم الكود والمنشأ ونمطه (**انظر البند ب من الفقرة 2 ـ 3 ـ 3 ـ 5 من أجل النمط**). 2 ـ رقم العنصر وموقع المقطع أو المحطة ونوع العنصر ورقم تركيب الحمولة. 3 ـ أبعاد العنصر وخصائص الخرسانة والتسليح. 4 ـ تصميم القوى المحورية وعزوم الانعطاف في الاتجاهين. 5 ـ معاملات العزوم والقوى المحورية. 6 ـ العزوم حول المحورين الرئيسي والثانوي. 7 ـ تصميم قوى القص في الاتجاهين. 8 ـ القص باتجاه المحورين الرئيسي والثانوي. ***ـ انظر الشكل (81).***



الشكل 91

انظر شرح النافذة أدناه.

2 ـ تحتوي النافذة في الشكل (91) على الخيارين التاليين التالية:

آ ـ (Design Output ـ نتائج التصميم): ويحتوي هذا الخيار بدوره على

- Longitudinal Reinforcing ـ مساحات التسليح الطولي.
- Shear Reinforcing ـ مساحات تسليح القص.
- Column Capacity Ratios ـ نسب تحمل الأعمدة (للتحقيق .. انظر الفقرة التالية).

ب ـ (Design Input ـ مدخلات التصميم): ويحتوي هذا الخيار بدوره على .

- Design Sections ـ أسماء مقاطع العناصر.
- Design Type ـ نمط التصميم.
- Live Load Red Factor ـ معامل الحمولات الحية.
- Effect Length K-factor ـ معامل التحنيب (K) المؤثر.
- معاملات أخرى شرحت في الملحق (A).

جرب استخدام الأوامر السابقة.

2 ـ 3 ـ 3 ـ 6 كيفية تحقيق الأعمدة:

لنفترض أن العمود (C1) مثلا معروف الأبعاد والتسليح. حيث تجري عملية التحقق من الأعمدة كما يلي:

Select C1 → Assign → Frame → Sections → C1 → Modify Show Section

Reinforcement → (Area of One Bar) في ندخل مساحة مقطع القضيب الواحد →

إعادة التحليل ← ...Ok إغلاق كافة النوافذ)

نلاحظ بعد انتهاء التحليل ظهور قيم رقمية بين قوسين على كل عمود تمثل معامل التحمل (القوة المطبقة على قدرة التحمل العظمى). فإذا كانت هذه القيم أقل من الواحد فالعمود محقق وإلا فهو معرض للانهيار. ويمكن التأكد من ذلك من خلال مخطط الترابط حيث تقع نقطة التحقيق خارج المنحنيات.

ملاحظة: يقوم البرنامج بحساب مساحة التسليح من خلال ضرب مساحة القضيب بعدد القضبان.

- **ملاحظة:**

يمكن إجراء تحليل من الدرجة الثانية تحت تركيب الحمولات الأول لمقارنة نتائجه مع نتائج التحليل السابق كما يلي، مع ضرورة مراجعة الفقرة (1 ـ 2 ـ 4) من الفصل السابق.

Analyze → Set Options → (تضمين P-Δ) Include P-Delta →

(متحولات P-Δ) P-Delta Parameters → OK

يظهر صندوق الحوار (91).→

P-Delta Parameters

Iteration Controls

1 Maximum Iterations 1

2 Relative tolerance - displacements 1.000E-03

3 Relative tolerance - forces 1.000E-03

P-Delta Load Combination

Load Case	Scale Factor
DL	1.4

DL / LL / WL

4 Add

5 Modify

6 Delete

OK Cancel

الشكل 91

1 ـ عدد مرات التكرار العظمى.

2 ـ التسامح النسبي للانتقالات.

3 ـ التسامح النسبي للقوى.

4 ـ إضافة حالة تحميل.

5 ـ تعديل حالة التحميل.

6 ـ حذف حالة تحميل.

2 ـ 3 ـ 4 معاينة وطباعة مخططات وملفات المسألة

تستخدم قائمة (File) لمعاينة وطباعة البيانات التالية إما عن طريق الطابعة مباشرة أو عن طريق نقلها لملفات أخرى:

1 ـ المخططات:

ـ قبل أو بعد التحليل حسب الرسومات المطلوبة:

File → Print Graphics → (طباعة مخططات الأفعال الداخلية المطلوبة) → OK

2 ـ ملف الإدخال:

ـ قبل أو بعد التحليل:

File → Print Input Tables → (تحديد خيارات المعلومات المطلوبة من صندوق الحوار الناتج)

(الطباعة إلى ملف - Print To File) → OK

3 ـ ملف المعالجة والتحليل والنتائج:

1 ـ الملف (Output) بعد التحليل:

File → Print Output Tables → (تحديد خيارات المعلومات المطلوبة من صندوق الحوار الناتج)

(الطباعة إلى ملف - Print To File) → OK

2 ـ الملف ذو اللاحقة (OUT) ـ تعديل بعد التحليل:

File → Display Input / Output text Files →

الملفات ذات اللواحق (EKO , LOG , OUT) المذكورة في الفصل

(الطباعة إلى ملف - Print To File) → OK

ـ يمكن تعديل ملف النتائج ذي اللاحقة (OUT) كما يلي:

حرر المسألة بالضغط على أيقونة القفل لفتحه.. ثم اختر الأمر Analyze → Set Options وضع إشارة تحقق بجانب (Generate Output).

اضغط زر (Select Output Options) وحدد خيارات النتائج المطلوبة. ثم اضغط (OK).

4 ـ ملف والتصميم:

ـ الملف (Design) بعد التحليل ثم التصميم:

(تحديد خيارات المعلومات المطلوبة من صندوق الحوار الناتج) ← File → Print Design Tables

الطباعة إلى ملف - Print To File) → OK انظر المثال 10 في الفصل الثالث

2 ـ 3 ـ 5 تدريبات من خلال المسألة (3)

من أجل التدريب على البرنامج بالشكل الأمثل ينصح بما يلي:

1 ـ باعتبار أن عملية النمذجة بسيطة ويمكن تملكها بسهولة لذا ينصح في البداية بالتدريب على تحليل وتصميم المسائل البسيطة كالمسألة السابقة لإتقان قراءة النتائج والتي تعتبر العملية الأكثر أهمية. فمن خلال ذلك يمكن اكتشاف أخطاء النمذجة في حال وجودها.

2 ـ قد تكون بعض العناصر في المسألة السابقة غير محققة في بعض الحالات. وقد اختيرت طريقة الاستناد والحمولات المطبقة في المثال لهذا الغرض من أجل التدريب على اكتشاف مثل هذه الحالات.

3 ـ ننصح بإعادة المسألة والتحليل وقراءة النتائج ومن ثم التصميم لعدة مرات بحيث يعدل في كل مرة ما يلي:

ـ تعديل المسند الأيمن إلى وثاقة مع تكبير مقطع العمود الأيمن ليصبح كالعمود الأيسر.

ـ تعديل المسند الأيمن بنابض تفترض خصائصه.

ـ تعديل الحمولة الحية المركزة بحمولات موزعة بشكل مثلثي على الثلث الأيسر من المجاز شدها العظمى (5 T / m).

ـ تدوير مقاطع الأعمدة بمقدار (° 90).

ـ زيادة ارتفاع الأعمدة بمقدار (1 m).

ـ إضافة تراكيب أخرى للحمولات (يفضل التراكيب التلقائية للكود).

ونشير هنا إلى أن هذه التعديلات يمكن أن تنفذ في وقت قصير.

2 ـ 4 منظومات الربط في المنشآت

تستخدم منظومات الربط بين بعض عقد المنشأ للأهداف الأساسية التالية:

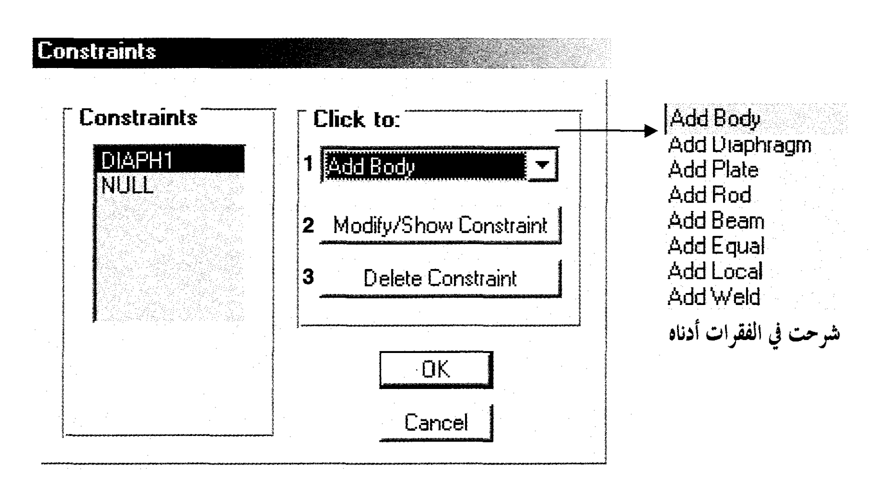
أولا ـ تمثيل سلوك المنشأ كهيكل صلب متماسك في الحركات الانسحابية أو الدورانية بحيث تتعرض عقده إلى انتقالات أو دورانات متساوية باتجاه محدد وعند منسوب معين.

ثانيا ـ تطبيق شروط خاصة بالتناظر أو التناظر العكسي حول نقطة أو محور أو مستوي أو تناظر دوراني.

ثالثا ـ الربط بين عدة أجزاء من المنشأ تم تمثيلها في المسألة بشكل مستقل.

يتم تنفيذ أمر الربط في برنامج (SAP 2000) بعد اختيار العقد المطلوبة والتي يجب ألا تقل عن عقدتين كما يلي:

Assign → Joint → Constraints (تقييدات) → (نحصل على صندوق الحوار في الشكل 92)



الشكل 92

1 ـ إضافة رابط جديد.

2 ـ تعديل رابط معرف.

3 ـ حذف رابط معرف.

يحتوي صندوق الحوار المذكور تحت أمر (Click to) الخيارات الموضحة في الشكل (92) والمشروحة في الفقرات التالية، والتي تم توضيح طريقة استخدامها في الأمثلة المبينة أدناه وفي أمثلة الجزء الثالث.

يتم تعريف الروابط التالية بالنسبة لجملة إحداثيات آلية يولدها البرنامج تلقائيا بالاستناد إلى مواضع العقد المختارة بغية إنشاء الربط بينها.

للمزيد من المعلومات التفصيلية انظر (الفصل VI من الملف SAPBASIC والفصل VII من الملف SAPREF1 في الدليل الإرشادي المرفق بالبرنامج Manual).

2 – 4 – 1 رابط الجسم الصلب (أمر Add Body)

يعمل هذا الأمر على إعطاء العقد المختارة انتقالات متساوية تحت الحمولات المطبقة من خلال معاملة المنشأ كجسم صلب صلابة مطلقة تماما بالنسبة للحركة الانسحابية، حيث تنعدم الانتقالات النسبية بين العقد (انظر الفقرة 2 – 4 – 6 أدناه).

يستخدم أمر (Add Body) في الحالات التالية:

1 ـ نمذجة الروابط الصلبة لمجموعة من الكمرات والأعمدة في المسائل التي تحتاج إلى اعتبار أن حركة المنشأ تتم كجسم صلب.

2 ـ للربط بين عقد عنصر إنشائي معين جرى تعريفه في المسألة كعناصر منفصلة من خلال تجزئة هذا العنصر.. (راجع الفقرة 3 ـ 2 ـ 6 من الجزء الأول).

3 ـ الربط بين عناصر إطارية (خطية) تقوم بدور الدعامات اللامركزية للعناصر القشرية.

2 – 4 – 2 رابط الغشاء الصلب (أمر Add Diaphragm)

يعمل رابط الغشاء الصلب على إعطاء العقد المختارة ضمن مستوي واحد انتقالات متســلوية في المستوي المذكور حيث تعتبر التشوهات في المستوي المذكور معدومة. أي أن الغشاء الرابط لا يعتبر مرنا.. (انظر الأمثلة 5 و 7 و 8).

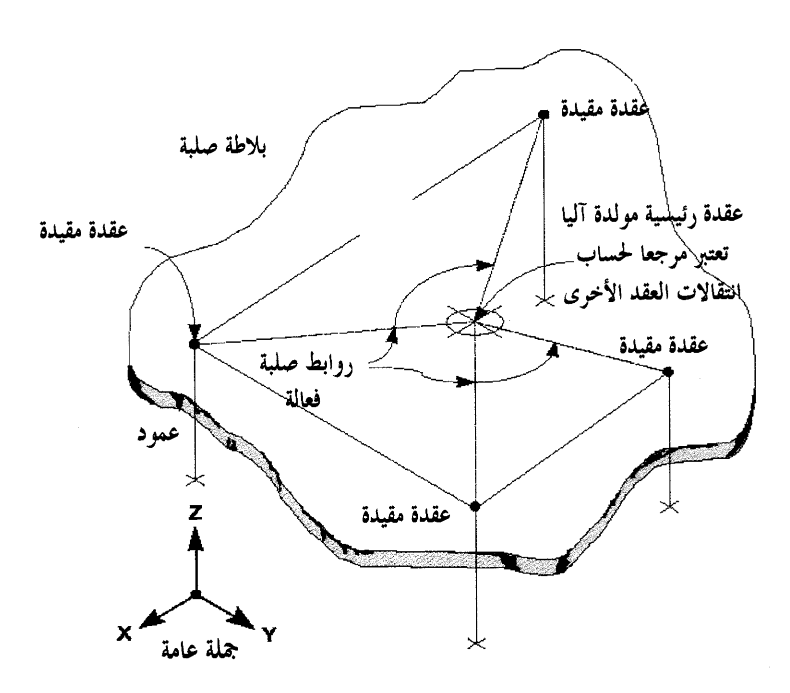
يتوجب حين استخدام هذه الرابطة أن تكون العقد المختارة واقعة على مستقيم واحد هو اتجاه الحركة الانسحابية. وفي حال لم تكن النقاط كذلك ستتولد عزوم انعطاف بسبب الربط المذكور، وبالتالي ينوه البرنامج في ملف الإخراج إلى أن القوى في المنشأ غير متوازنة.

يعرف الانتقال أو الانسحاب في هذا الرابط من خلال المحور العمود على مستوي الغشاء، والذي يعتبر المحور (3) دوما.

يستخدم أمر (Add Diaphragm) في الحالتين التاليتين (انظر الأمثلة أدناه):

1 ـ تمثيل بلاطات الطوابق في المنشآت الخرسانية أو التدعيم الأفقي الذي يربط بين العناصر الإنشائية في المستوي المختار، حيث تعمل هذه الروابط على الشد والضغط فقط.. انظر الشكل (93).

2 ـ تمثيل الحواجز المسلحة في الأجزاء العلوية من منشآت الجسور الخرسانية.



الشكل 93

2 ـ 4 ـ 3 الرابط الصفيحي (أمر Add Plate)

يعمل الرابط الصفيحي على إعطاء العقد التي تنتمي لصفيحة مسطحة معينة انتقالات متساوية في المستوي العمودي على هذه الصفيحة، حيث تعتبر الصفيحة المذكورة صلبة ومقاومة للانعطاف.

يمكن أن يطبق الرابط الصفيحي على عقدتين أو أكثر تقع في أي مكان من الفراغ دون أن يؤثر ذلك على توازن القوى في المنشأ خلافا للرباط السابق، وتعتبر كل من التشوهات خارج المستوي والانتقالات النسبية المستوية بين العقد معدومة، ولا تتأثر الانتقالات المطلقة بهذا الرابط.

يستخدم أمر (Add Plate) في الحالات التالية:

1 ـ عند اتصال عناصر محددة إطارية أو قشرية مع عناصر محددة مستوية أو كتلية صلبة.

2 ـ من أجل نقل دوران عنصر إطاري أو قشري إلى عنصر كتلي على هيئة مزدوجة يعبر عنها بانتقالين معاكسين.

3 ـ من أجل تطبيق الفرضية القائلة بأن المقاطع المستوية قبل التحميل تبقى مستوية بعده والتي تطبق في حالات انعطاف الكمرات والبلاطات (راجع الفقرة 3 ـ 2 ـ 6 من الجزء الأول).

2 ـ 4 ـ 4 الرابط القضيبي (أمر Add Rod)

يعمل الرابط القضيبي على منع الانتقالات النسبية فقط للعقد المختارة باتجاه المحور الطولي للقضيب (وهو المحور المحلي 1 دوماً)، دون أن يمنع ذلك الانتقالات المطلقة أو الدورانات. حيث تنتقل كافة العقد المختارة بحركة انسحابية ثابتة بحيث تحافظ على المسافات فيما بينها.

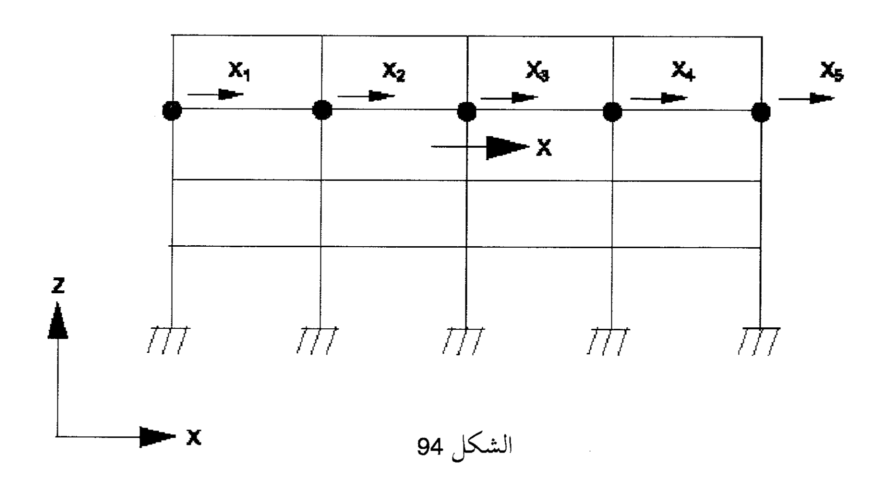
يستخدم أمر (Add Rod) في الحالتين التاليتين:

1 ـ بهدف تقييد عنصر إطاري ضد التشوهات المحورية للعناصر الواصلة بين العقد.

2 ـ لتمثيل بلاطات صلبة ذات سلوك للعقد مشابه لعقد الشبكيات (Truss).

ويوضح الشكل (94) مثالاً على استخدام الرابط المذكور في إطار ثنائي الأبعاد، والذي

أهملت فيه التشوهات المحورية لكي تنتقل العقد المشار إليها في الاتجاه (x) انتقالا واحدا. مع التذكير بأن القوى المحورية في ملف الإخراج ستكون معدومة.



الشكل 94

يتوجب حين استخدام هذه الرابطة أن تكون العقد المختارة واقعة على مستقيم واحد هو اتجاه الحركة الانسحابية .. وفي لم تكن النقاط كذلك ستتولد عزوم انعطاف بسبب الربط المطلوب، وبالتالي ينوه البرنامج في ملف الإخراج إلى أن القوى في المنشأ غير متوازنة.

2 ـ 4 ـ 5 الرابط الكمري (أمر Add Beam)

يعمل الرابط الكمري على منع الانتقالات العرضية لعنصر إطاري دون منع الدورانات والانتقالات الطولية فيه (إبقاء القوى المحورية والفتل) وبذلك تنتقل كافة العقد التي يجب أن تقع على مستقيم واحد تحت الحمولات المطبقة وكأن العنصر الواصل بين هذه العقد كمرة غير قابلة للانعطاف.

يستخدم أمر (Add Beam) في الحالتين التاليتين:

1ـ ربط عناصر محددة إطارية أو قشرية مع عناصر محددة كتلية أو مستوية.

2 ـ منع تشوهات الانحناء في العناصر الإطارية.

2 ـ 4 ـ 6 رابط الانتقالات المتساوية (أمر Add Equal)

يعمل هذا الأمر على إعطاء العقد المختارة انتقالات متساوية في اتجاه واحد أو في اتجاهي المحورين المحليين للعقدة.

ويختلف الرابط (Body) عن الرابط (Equal) في أن الأخير يفصل العلاقة بين الانتقالات والدروانات.

يستخدم أمر (Add Equal) في الحالتين التاليتين:

1 ـ لتمثيل شروط التناظر حول مستوي معين.

2 ـ لنمذجة الفواصل وعقد التمدد (انظر الفقرة 4 ـ 4 ـ 7 في الفصل 4 من الجزء الأول).

2 ـ 4 ـ 7 الرابط المحلي (أمر Add Local)

يعمل الأمر (Add Local) على إعطاء العقد المختارة انتقالات متساوية في كافة اتجاهات المحاور المحلية للعقدة.

يعتمد الرابط سلوك (Local) على جملة الإحداثيات المحلية للعقد المختارة وهو يختلف عن الرابط (Body) أيضا في أن الأول يفصل كذلك العلاقة بين الانتقالات والدروانات.

كما يطابق هذا النوع الرابط السابق (Equal) إذا كانت كافة العقد المختارة لها جملة إحداثيات محلية واحدة.

يستخدم أمر (Add Local) في الحالتين التاليتين:

1 ـ لتمثيل شروط التناظر حول نقطة محددة أو حول مستقيم معين.

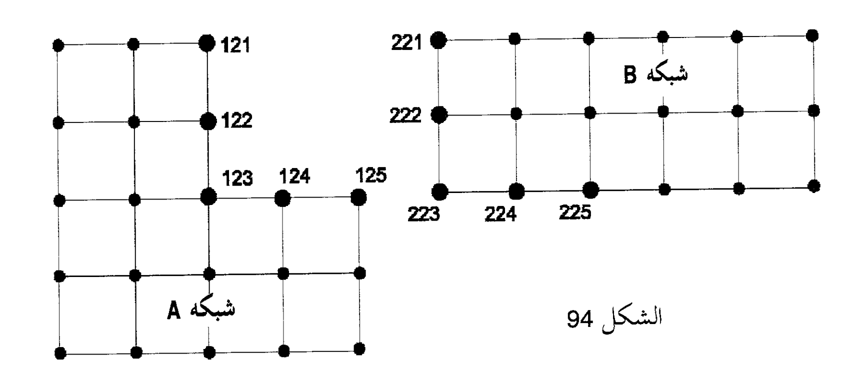
1 ـ لتمثيل ميكانيزمات نقل الحركة.

2 ـ 4 ـ 8 رابط اللحام (أمر Add Weld)

يعمل الأمر (Add Weld) على ربط عناصر محددة من المنشأ تم تعريفها في المسألة كعناصر منفصلة من خلال تجزئة هذه العناصر. ويوضح الشكل (94) مثالا عن ذلك حيث يتم ربط

الشبكتين (A , B) من خلال ربط العقد (121 وحتى 125) من الشبكة (A)، مع ما يقابلها (221 وحتى 225) من الشبكة (B) بحيث يجري ربط كل عقدتين متقابلتين معا. مع الإشارة إلى أن العقد التي يتم ربطها في لها نفس الموقع.

ومما يجدر ذكره أن رابط اللحام لا يعتبر رابطا صلبا، وإنما يعبر فقط عن مجموعة روابط تصل بين العقد المتقابلة.



الشكل 94

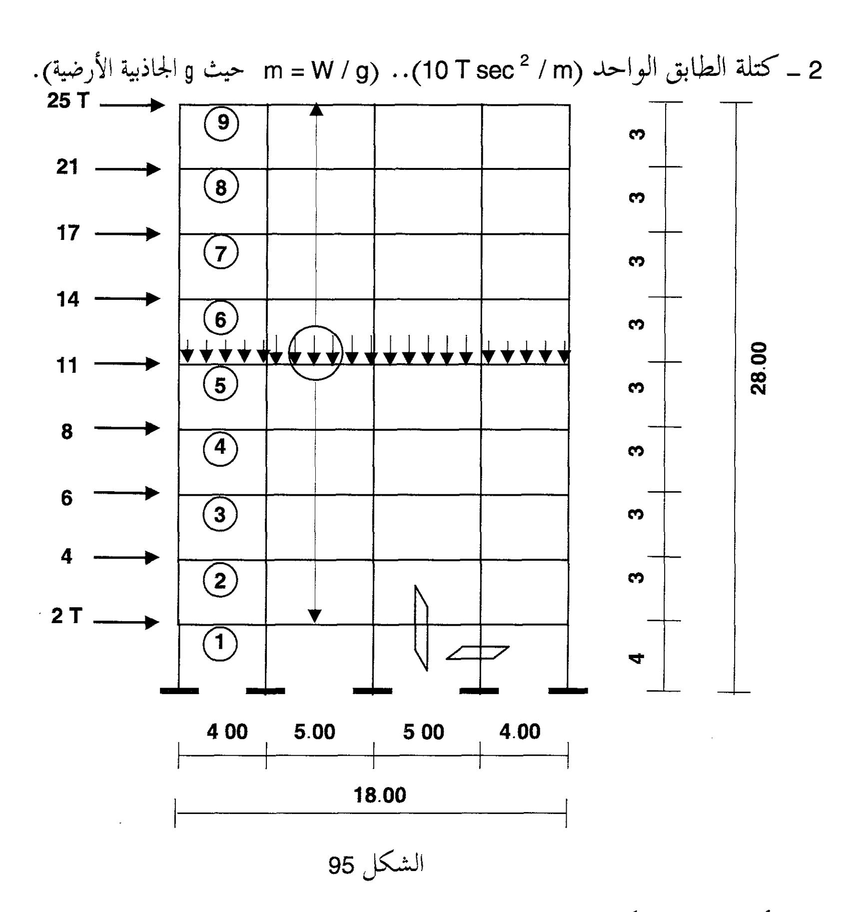
2 – 5 تصميم العناصر الإطارية وقراءة النتائج من خلال أمثلة تطبيقية

2 – 5 – 1 مثال 5 – تصميم إطار ثنائي الأبعاد تحت تأثير حمولات زلزالية

يطلب تحليل وتصميم الإطار الموضح في الشكل (95) وفق متطلبات الكود (ACI 318 - 95) وضمن المعطيات التالية:

1 – الحمولة الميتة الموزعة بانتظام على كافة الطوابق بدون الوزن الذاتي ($4.0\,T/m^2$). (يحسب الوزن الذاتي للعناصر ضمن الحمولات الميتة). والحمولة الحية كذلك ($3.0\,T/m^2$). والحمولات الزلزالية الستاتيكية المكافئة موضحة على الشكل.

2 ـ كتلة الطابق الواحد $(10\ T\ sec^2 / m)$.. $(m = W / g)$ حيث g الجاذبية الأرضية).



الشكل 95

3 ـ أبعاد كافة الكمرات (B = 0.30 x 0.80 m) وسماكة التغطية (0.06 m). وارتفاع كافة الأعمدة (3.00 m) كما يلي:

الطابق	اسم العمود	أبعاد المقطع	عدد القضبان	سماكة التغطية
الأول	C 40x100	0.40 x 1.00	26	0.05 m
2 و 3 و 4	C 40x80	0.40 x 0.80	22	
5 و 6 و 7	C 40x60	0.40 x 0.60	18	
8 و 9	C 40x 50	0.40 x 0.50	14	

2 ـ 5 ـ 1 ـ 1 نمذجة الإطار

1 ـ تأكد من الواحدات ثم ارسم الإطار كما في الأمثلة السابقة وأمثلة الجزء الأول (يمكن استخدام النماذج الجاهزة ـ Portal Frame).

2 ـ قم بتعريف ما يلي من قائمة (Define) كما في الأمثلة السابقة:

ـ المواد (Materials = CONC).

ـ المقاطع (Frame Sections) كما في الشكل (96).

B
fication Factors
Material CONC
0.8
0.3

C40X50
fication Factors
Material CONC
0.5
0.4

C40X60
fication Factors
Material CONC
0.6
0.4

C40X80
fication Factors
Material CONC
0.8
0.4

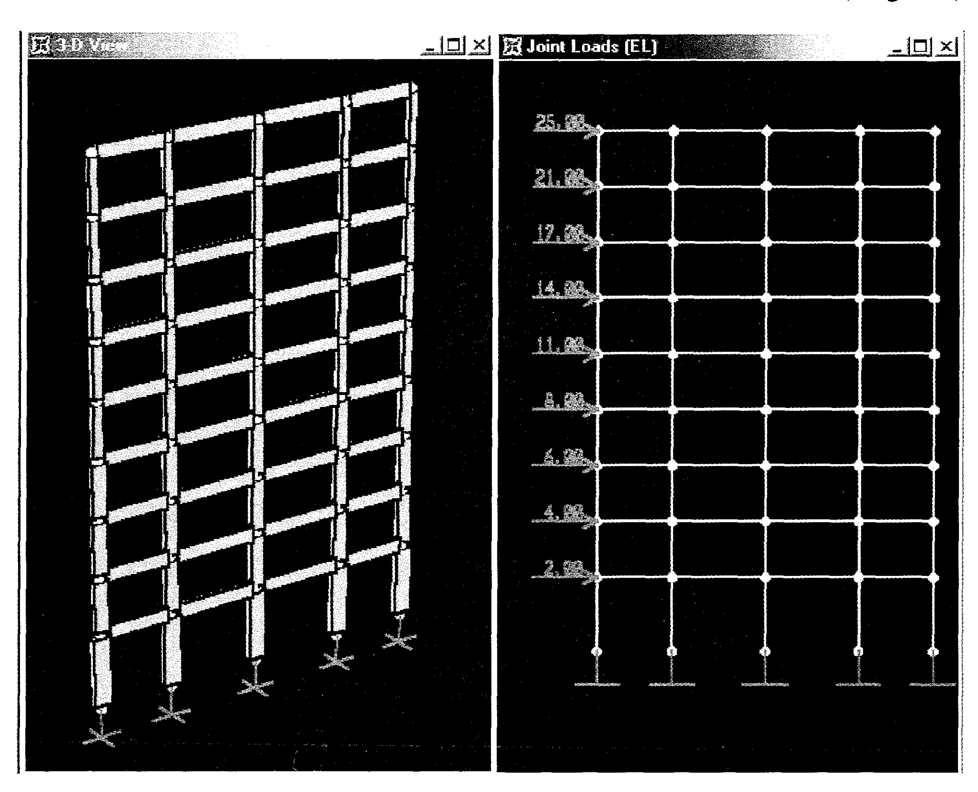
C40X100
fication Factors
Material CONC
1.
0.4

ـ حالات التحميل (DL , LL , EL) وتراكيب الحمولات التالية:

1.4 DL
1.4 DL + 1.7 LL

0.9 DL ± 1.3 * 1.1 EL
0.75 (1.4 DL + 1.7 LL ± 1.7 * 1.1 EL)

3 ـ عين من قائمة (Assign) المقاطع والحمولات كما في الأمثلة السابقة وأمثلة الجزء الأول (الشكل 97).



الشكل 97

تحقق من الحمولات المطبقة بالطريقة التالية:

Display → Show Input Tables → Loading Data →

(اختر حالة التحميل المطلوبة في صندوق الحوار الناتج، ولتكن EL) → OK

لاحظ الجدول الناتج (الشكل 98)

JOINT FORCES Load Case EL

File

JOINT	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	GLOBAL-XX	GLOBAL-YY	GLOBAL-ZZ
91	25.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
86	21.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
81	17.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
76	14.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
71	11.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
66	8.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
61	6.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	4.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	2.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

الشكل 98

4 ـ عين رابط الغشاء الصلب من قائمة (Assign) أيضا. (موضوع الفقرة 2 ـ 4 ـ 2) كما يلي:

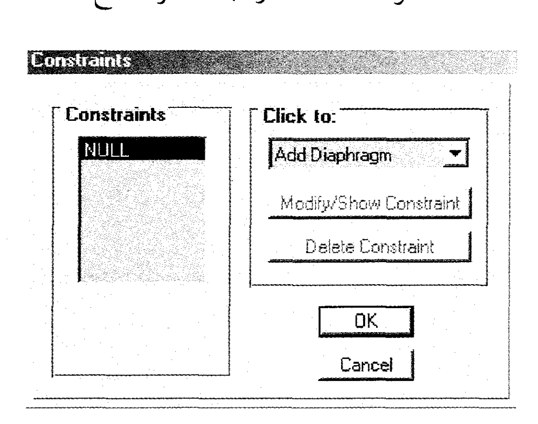
ـ اختر كافة عقد الطابق الأول بنافذة مطاطية.

Assign → Joint → Constraints → (صندوق الحوار 99) →

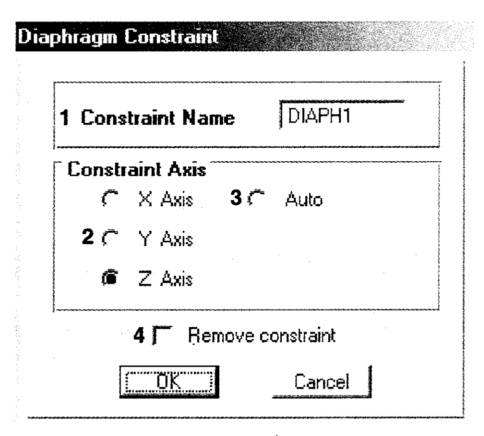
Click to → Add Diaphragm → (صندوق الحوار 100) →

(اختيار اسم الرابط حافظ على الاسم التلقائي والمحور العمودي عليه Z) → OK → OK

لاحظ تلون العقد المختارة بالأخضر الفاتح



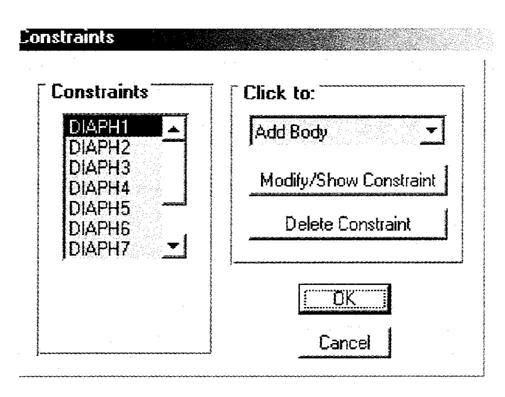
الشكل 99



الشكل 100

1 ـ اسم الرابط (انظر الفقرة 2 ـ 4). 2 ـ الاتجاهات المعامدة لمستوي الربط. 3 ـ اختيار آلي للربط (**يمكن اعتماده بشكل دائم وخاصةً في حالة الديافرامات المائلة كما في السقوف الجمالونية**). 4 ـ إزالة رابط.

ـ كرر العملية السابقة على كافة الطوابق. لتحصل على الشكل (101).



الشكل 101

- **ملاحظة**

يجب توخي الدقة أثناء تعيين الروابط لأن تكرار أكثر من نوع من الروابط يسبب خطأً أثناء التحليل.

5 ـ عين من قائمة (Assign) كتل الطوابق كما يلي:

باعتبار أن كافة الطوابق متساوية الكتلة فيمكن اختيار عقدة واحدة فقط من كل بلاطة (العنصر الأفقي في الإطار). لذلك حدد مثلا كافة العقد الواقعة على أي عمود باستثناء عقد المساند، ثم نفذ ما يلي:

Assign → Joint → Masses → (صندوق الحوار 102)

→ (أدخل قيمة كتلة الطابق في الخيار Direction 1) → OK

Joint Masses

Masses in Local Directions
Direction 1 10
Direction 2 0.
Direction 3 0.

Mom. of Inertia in Local Directions
Rotation about 1 0.
Rotation about 2 0.
Rotation about 3 0.

Options
Add to existing masses
Replace existing masses
Delete existing masses

OK Cancel

الشكل 102

6 ـ اختر نوع التحليل:

Analyze → Set Options → XZ Plane → OK

ـ ضع إشارة تحقق بجانب (Generate Output).

ـ اضغط زر (Select Output Options) وحدد كافة خيارات النتائج من أجل كافة حالات التحميل وتركيب الحمولات المتاحة ثم (OK).

7 ـ **تحقق من كود التصميم المختار.**

8 ـ **اختر تركيب الحمولات التي ستدخل في التصميم** كما يلي:

Design → Select Design Combos = Ctrl + F6 →

→ OK اختر التراكيب المعرفة في قائمة (Define) ثم الضغط على زر (Add) لإضافتها

9 ـ **احفظ الملف باسم معين** وليكن (Example 5 - 1) ثم ابدأ التحليل (F5).

2 ـ 5 ـ 1 ـ 2 استعراض نتائج التحليل

1 ـ **عاين حركة المنشأ** تحت حالات التحميل بالضغط على زر (Start Animation) أسفل ويمين الشاشة.. ويمكن التنقل بين حالة وأخرى من خلال السهمين المجاورين لهذا الزر... ويتم التوقف عن معاينة الحركة بالضغط على الزر السابق بعد أن يتحول إلى (Stop Animation).

ثم عاين الشكل المشوه للمنشأ بعد التوقف عن الحركة من السهمين المذكورين تحت حالات التحميل الثلاث.

2 ـ **أنشئ ملف فيديو** لعرض حركة المنشأ تحت التشوهات (بالرغم من أن هذه الملفات مخصصة للتحليل الديناميكي من إمكانية عرض التشوهات بشكل تحريكي تحت الحمولات الستاتيكية).

File → Create Video → Create Cyclic Animation Video

يظهر صندوق الحوار (Video File) الذي ندخل فيه اسم وموقع حفظ الملف ثم نضغط (Save)

انظر الشكل (239) في الجزء الأول

3 ـ **عاين ردود الأفعال ومخططات العزوم والقص** تحت تراكيب الحمولات المختلفة كما في الأمثلة السابقة.

4 ـ **تأكد من تساوي مجموع قوى القص القاعدي وحاصلة القوى الجانبية المطبقة في حالة التحميل (EL)** كما يلي:

ــ اختر كافة عقد المساند بنافذة مطاطية ثم اختر أعمدة الطابق الأول بالمستقيم القاطع (Set Intersecting Line Select Mode) ثم أنشئ مجموعة مؤلفة من هذه العناصر باسم (Group 1) كما يلي:

Assign ⟶ Group Name ⟶ (أدخل في صندوق الحوار الناتج اسم Group 1 عند خيار Group)
⟶ Add New Group Name ⟶ OK

ـ حدد حالات التحميل وتراكيب الحمولات التي تريد أن تعاين نتائجها في المجموعة المختارة كما يلي:

Display ⟶ Set Output Table Mode = Shift + F12 ⟶
(حدد في صندوق الحوار الناتج الحمولات المطلوبة ـ جرب حالات التحميل الثلاث فقط) ⟶ OK

ـ أظهر مجموع القوى المطبقة في المجموعة المعرفة كما يلي:

Display ⟶ Show Group Joint Force Sums ⟶ Group1 ⟶ OK

تحصل على النافذة المجدولة (103).

GROUP JOINT FORCE SUMMATION

File

GROUP	LOAD	F-X	F-Y	F-Z	M-X	M-Y	M-Z
1 (Sum at X=0 Y=0 Z=0)							
	DL	0.000	0.000	835.596	0.000	0.000	0.000
	LL	0.000	0.000	486.000	0.000	0.000	0.000
	EL	-108.000	0.000	0.000	0.000	-2241.000	0.000

الشكل 103

ـ لاحظ في هذه النافذة أن حاصلة القوى الأفقية من الحالة (EL) تساوي مجموع القوى المطبقة والموضحة في الشكل (98).. ولاحظ أيضا أن إحداثيات مركز الكتلة للمجموعة هو (0 , 0 , 0).

ـ يمكن تكرار الخطوة السابقة في كل طابق بعد اختيار عقد القاعدة مع أعمدة الطابق وتعيينها كمجموعة واحدة.. فمن أجل مجموعة الطابق الثالث مثلا يجب أن نحصل على القيم المبينة في الشكل (104).. لاحظ إحداثيات مركز الكتلة.

GROUP JOINT FORCE SUMMATION

File

GROUP	LOAD	F-X	F-Y	F-Z	M-X	M-Y	M-Z
3 (Sum at X=0 Y=0 Z=7)							
	DL	0.000	0.000	640.084	0.000	0.000	0.000
	LL	0.000	0.000	378.000	0.000	0.000	0.000
	EL	-102.000	0.000	0.000	0.000	-1491.000	0.000

الشكل 104

5 ـ استعرض ملفات الإدخال والإخراج من قائمة (File)... انظر المثال 10 في الفصل الثالث.

2 ـ 5 ـ 1 ـ 3 استعراض نتائج التصميم

1 ـ بدل الواحدات إلى (kg - cm) بدلا من (Ton - m) من أجل قراءة نتائج التسليح.

2 ـ اختر الأمر (Start Design / Check Of Structure = Ctrl + F5) من قائمة (Design)، وتأكد من وجود إشارة بجانب أمر (Design Concrete)، وستجد أن مساحات التسليح الطولي كتبت على عناصر المنشأ.

3 ـ تابع استعراض نتائج التصميم كما في المثال رقم (4).. (الفقرة 2 ـ 3 ـ 3).

2 ـ 5 ـ 1 ـ 4 تدريبات من خلال المثال (5)

يمكن إجراء بعض التعديلات على المسألة بهدف التدريب ومقارنة النتائج مع المنشأ قبل التعديل كما يلي:

أولا ـ تأثير أبعاد المساند وصلابة العقد:

عدل الإطار السابق باستخدام أمر (Offset) كما يلي (راجع الفقرة 4 ـ 2 ـ 3 في الفصل الرابع من الجزء الأول):

1 ـ احفظ المسألة باسم جديد وليكن (Example 5 - 2).

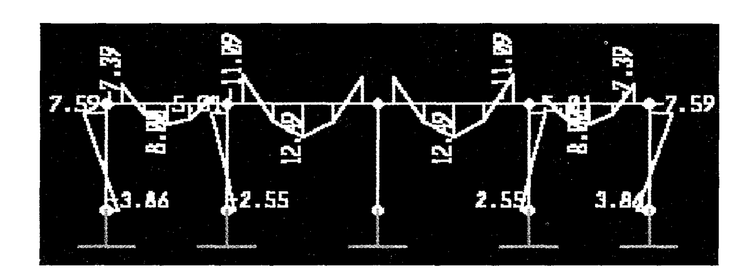
2 ـ أعد فتح الملف (Example 5 - 1) ثم أعد التحليل.

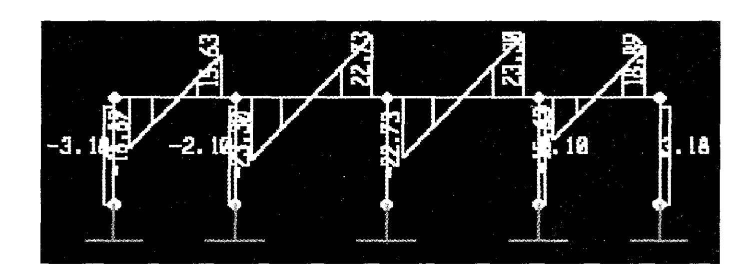
3 ـ من أجل مقارنة النتائج بشكل أفضل نبقي على الشاشة جزءا من الإطار كما يلي:

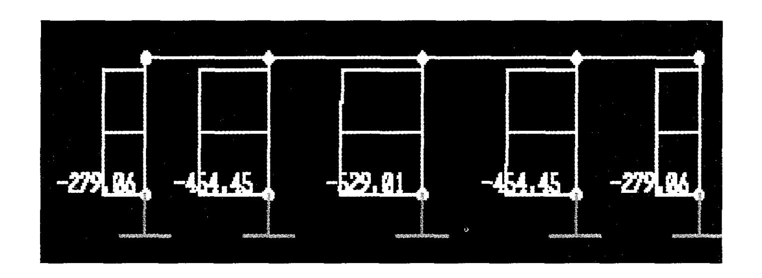
ـ اختر بنافذة مطاطية كافة الطابق الأول فقط (الوثاقات والأعمدة المتصلة بها وبلاطة الأول) وكرر ذلك في النافذتين الظاهرتين على الشاشة.

ـ اضغط من قائمة (View) أمر (Show Section Only = Ctrl + H).

4 ـ أظهر في مخططات عزوم الانعطاف وقوى القص والقوى المحورية تحت أية حالة تحميل أو أي تركيب للحمولات.. اختر مثلا (COMB 2) لتحصل على المخططين الموضحين في الشكل (105).







الشكل 105 ـ مخططات العزوم والقص والقوى المحورية قبل التعديل

5 ـ افتح الملف (Example 5 - 2).

6 ـ طبق عملية (Offset) على كامل العناصر كما يلي:

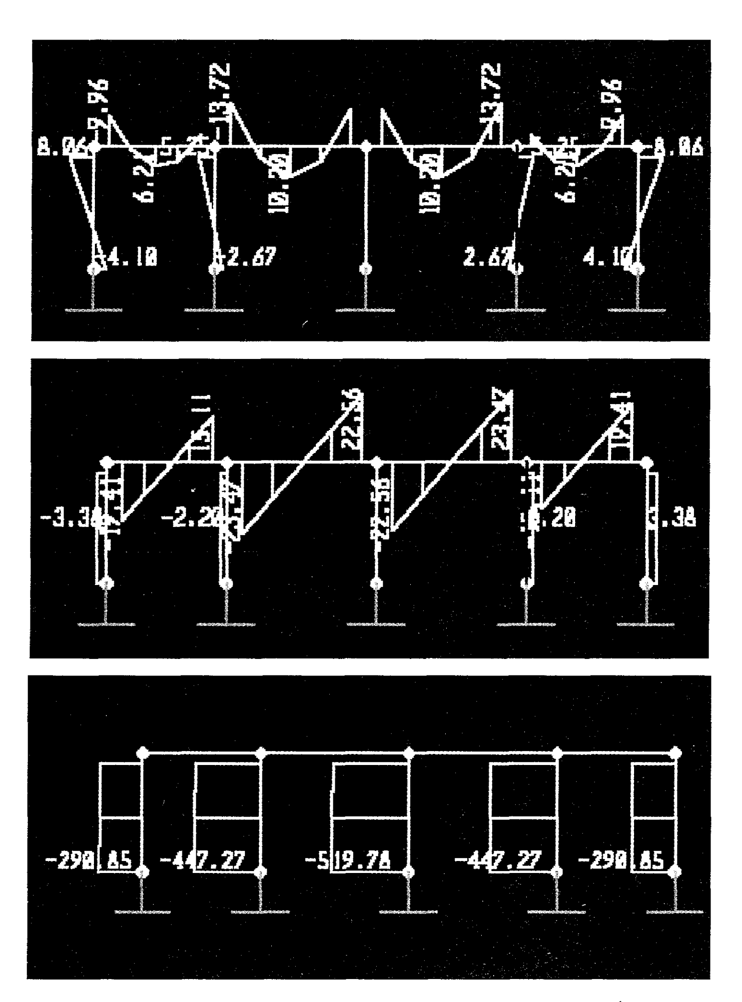
ـ اختر كافة عناصر المنشأ (Ctrl + A) ثم قم بما يلي:

Assign → Frame → End Offsets →

Update Lengths Form Current Connectivity → Rigid- Zone Factor = 0.50

7 ـ أعد التحليل.

8 ـ كرر البندين (3 و 4) أعلاه لتحصل على الشكل (106).. قارن مع الشكل (105).



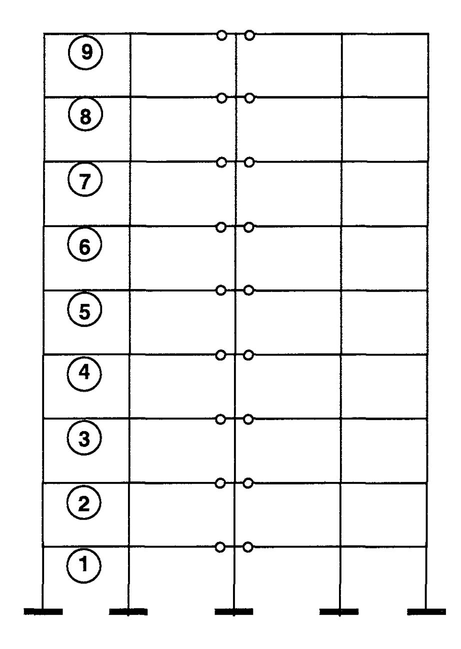
الشكل 106 ـ مخططات العزوم والقص والقوى المحورية بعد التعديل

• ملاحظة هامة

يتطلب أي تعديل على أبعاد مقاطع الأعمدة أو الكمرات إعادة تعيين صلابة العقد من أمر (Offset) كما سبق.

ثانيا ـ تأثير شكل المنشأ:

لنفترض أن الإطار المعطى كان يحتوي على مفاصل كما في الشكل (107).



الشكل 107

فمن أجل تعديل المنشأ قم بما يلي:

1 ـ احفظ المسألة (Example 5 - 1) باسم جديد وليكن (Example 5 - 3).

2 ـ اختر كافة الكمرات في الفتحة الثانية من اليسار بالمستقيم القاطع (Set Intersecting Line Select Mode)، والمتصلة في نهايتها اليمنى مع الأعمدة الوسطية بواسطة مفاصل.

3 ـ حرر عزم الانعطاف من نهاية هذه العناصر كما يلي. (يجب أن تكون هذه الكمرات مولدة أثناء الرسم من اليسار إلى اليمين):

Assign → Frame → Release → (تظهر نافذة بعنوان Frame Releases)

→ (End - Moment 33 (Major) ضع إشارة تحقق بجانب) → OK

لاحظ ظهور المفاصل باللون الأخضر الفاتح

4 ـ اختر كافة الكمرات في الفتحة الثالثة من اليسار بالمستقيم القاطع (Set Intersecting Line Select Mode)، والمتصلة في نهايتها اليسرى مع الأعمدة الوسطية بواسطة مفاصل. ثم حررها من البداية (Start).

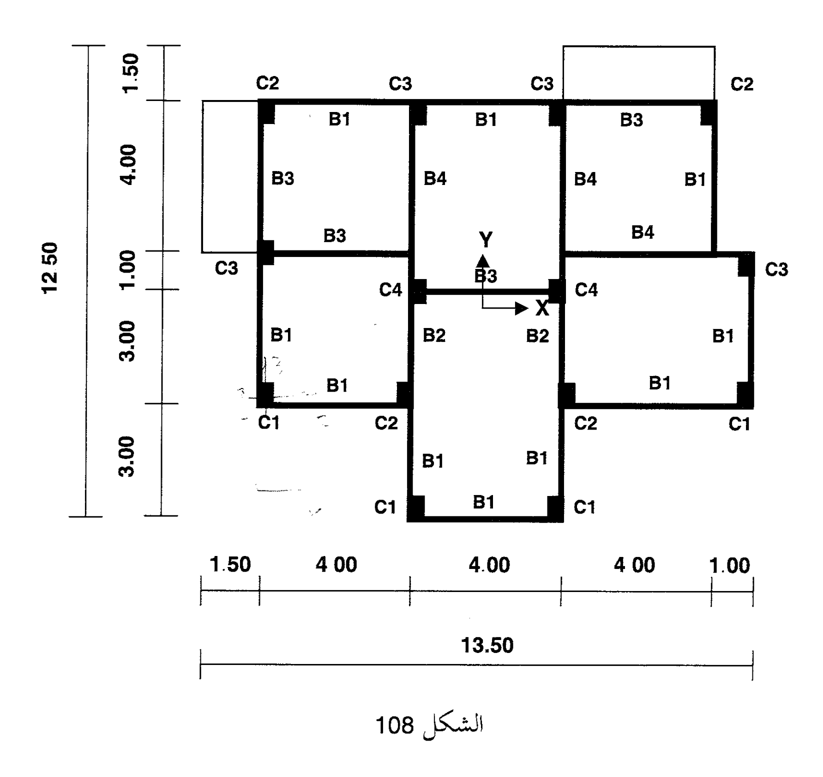
2 ـ 5 ـ 2 مثال 6 ـ تحليل وتصميم مبنى إطاري فراغي تحت تأثير الحمولات الشاقولية والحمولات الحرارية

يطلب تصميم المبنى الموضح في الشكل (108) وفق المعطيات التالية:

1 ـ المبنى مؤلف من ستة طوابق متكررة وفيه تغير الحرارة الداخلية عن الوضع التصميمي ($C1 = 25°$) وتغير الحرارة الخارجية ($C2 = -5°$).

2 ـ الحمولات الميتة التصميمية:

- سماكة كافة البلاطات (15 cm).. الوزن الذاتي ($2.4 \times 0.15 = 0.360\ T/m^2$).
- يتم حساب الوزن الذاتي للكمرات من خلال البرنامج بحسب أبعادها المعطاة أدناه.
- وزن التغطية ($200\ kg/m^2$).



الشكل 108

3 ـ الحمولة الحية ($200\ kg/m^2$) على البلاطات الداخلية و ($400\ kg/m^2$) على الشرفات.

4 ـ أوزان الجدران على الكمرات الداخلية (500 kg / m). وعلى الداخلية (700 kg / m).

5 ـ تعتبر أبعاد الكمرات في كافة الطوابق كما يلي:

جدول أبعاد مقاطع الكمرات (m)	
اسم الكمرة	أبعاد المقطع
B1	0.30 X 0.50
B2	0.30 X 0.60
B3	0.30 X 0.65
B4	0.30 X 0.75

6 ـ ارتفاع كافة الأعمدة (3.20 m) واتجاهاتها كما في الشكل (108)، وأبعاد مقاطعها كما يلي (يمثل رمز العمود في الجدول التالي الاسم المعطى له في عملية النمذجة):

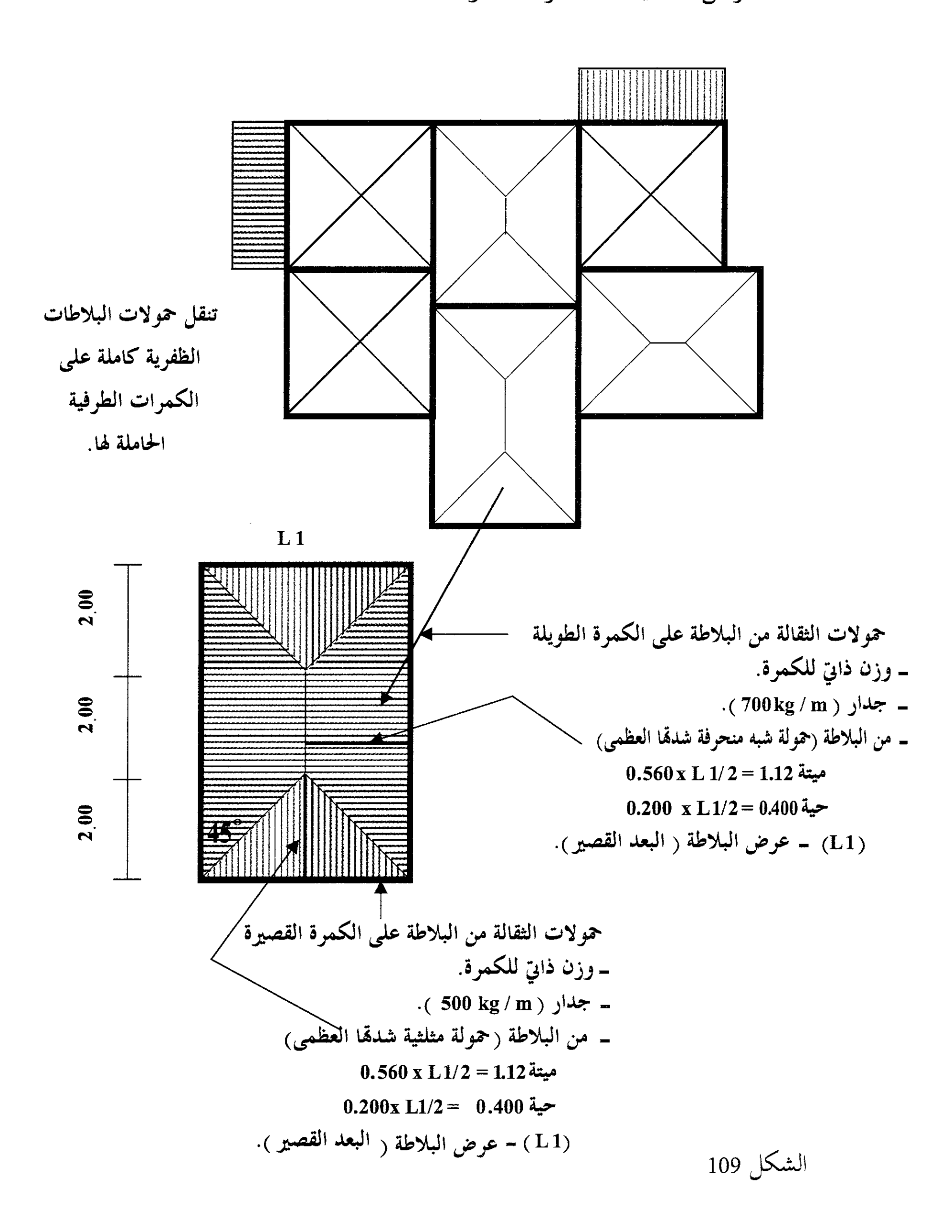
جدول أبعاد مقاطع الأعمدة (m) وعدد القضبان فيها				
العمود	الطابق	رمز العمود	الأبعاد	عدد القضبان
C1	1 و 2 و 3	C1A	0.30 X 0.40	10
	4 و 5 و 6	C1B	0.30 X 0.30	
C2	1 و 2 و 3	C2A	0.30 X 0.50	12
	4 و 5 و 6	C2B	0.30 X 0.40	
C3	1 و 2 و 3	C3A	0.30 X 0.60	14
	4 و 5 و 6	C3B	0.30 X 0.50	
C4	1 و 2 و 3	C4A	0.30 X 0.70	16
	4 و 5 و 6	C4B	0.30 X 0.60	

9 ـ سماكة التغطية لجميع الأعمدة والكمرات (0.05 m) وخواص المواد ومعطيات التصميم وفق الكود (ACI 318-94)، مع استخدام تراكيب الحمولات التالية فقط (من خارج الكود).

ـ التركيب الأول.. COMB1 = 1.4 DL + 1.7 LL

- التركيب الثاني.. COMB2 = 1.05 DL + 1.2 LL + 1.1 TL

10 - تفترض المعطيات الأخرى اللازمة.



الشكل 109

• **ملاحظة**

يمكن نمذجة هذه المسألة بأكثر من طريقة. فإما أن نحل البلاطات بشكل مستقل ثم نطبق ردود أفعالها على الكمرات لحل الهيكل الفراغي الإطاري كمسألة أخرى. أو أن نحسب ردود أفعال البلاطات خارج البرنامج ثم نحلل ونصمم الهيكل المطلوب بمساعدة البرنامج.. وسنعتبر في مثالنا الحالة الثانية، مع الإشارة أن حل المنشأ بكامل عناصره ينطوي على بعض الصعوبات.

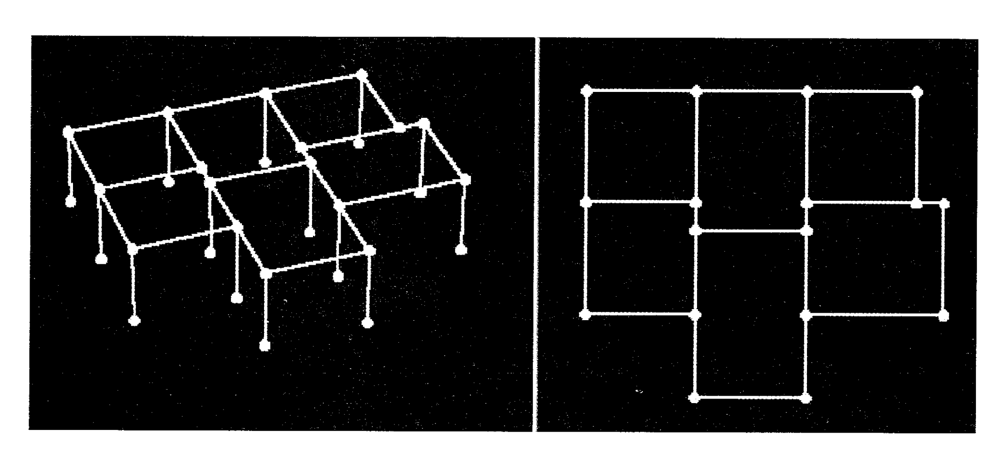
نحسب الحمولات من البلاطات على الكمرات كما في الشكل (109).. فلدينا:

ـ مجموع الحمولات الميتة على البلاطات ($0.560\ T/m^2$) إضافة للوزن الذاتي للكمرات ووزن الجدران.

ـ مجموع الحمولات الحية في الداخل ($0.200\ T/m^2$) وعلى الشرفات ($0.400\ T/m^2$).

2 ـ 5 ـ 2 ـ 1 نمذجة الهيكل الإطاري للمنشأ

1 ـ بعد التأكد من أن الواحدات (Ton - m) قم برسم الطابق الأول من المنشأ كما في الشكل (110) وبالاعتماد على معلومات الجزء الأول.



الشكل 110

2 ـ تأكد من أبعاد العناصر المرسومة بوضع سهم الماوس فوق أي عنصر ثم الضغط بالزر الأيمن.

2 ـ حدد المواد (.CONC) من قائمة (Define) وتأكد من الخصائص.

3 ـ حدد حالات التحميل من نفس القائمة كما في الشكل (111).

4 ـ حدد من قائمة (Define) أيضا تركيبي الحمولات المطلوبين ولا تنس وضع إشارة بجانب الخيار (Use For Concrete Design).

سيتم تأجيل تعريف المقاطع وتعيين المساند لما بعد مرحلة تعيين الحمولات بغية الاستفادة من ميزة التكرار (Replicate)، ويمكن هنا تعريف وتعيين الكمرات فقط باعتبارها موحدة في الطوابق.

Define Static Load Case Names

Loads

Load	Type	Self Weight Multiplier
TL	OTHER	0
DL	DEAD	1
LL	LIVE	0
TL	OTHER	0

Click to:

Add New Load

Change Load

Delete Load

OK

Cancel

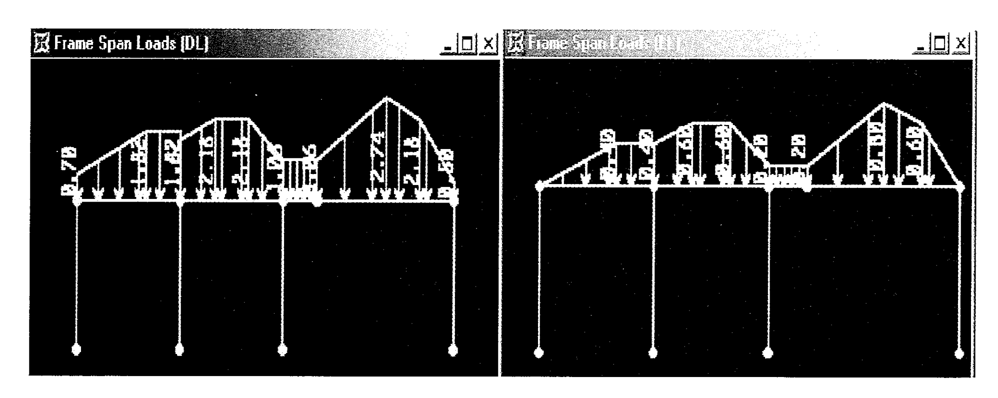
الشكل 111

5 ـ عين من قائمة (Assign) الحمولات الميتة والحية المطبقة حسب الشكل (109) وبالاستعانة بالمثال (16) من الجزء الأول.

إن هذه الخطوة تتطلب بعض الحسابات اليدوية التي تحتاج إلى توخي الدقة والروية لإيجاد الحمولات المنقولة من البلاطات إلى الكمرات.

يبين الشكل (112) على سبيل المثال حالتي التحميل (DL , LL) على الكمرة الداخلية الطويلة والمسماة في الشكل (108) بالأسماء (B18 , B13 , B6).

ـ لاحظ أن الشكل العام للتحميل واحد في الحالتين مع اختلاف القيم.



الشكل 112

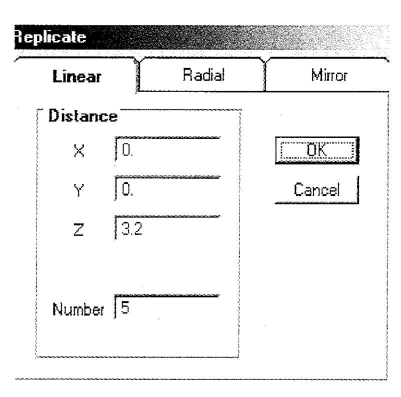
6 ـ كرر الجزء المرسوم السابق (5) مرات على المحور (Z) بارتفاع (3.20 m) كما يلي:

Select All = Ctrl + A ⟶ Replicate = Ctrl + R ⟶

(أدخل القيم الموضحة في الشكل 113) ⟶ OK

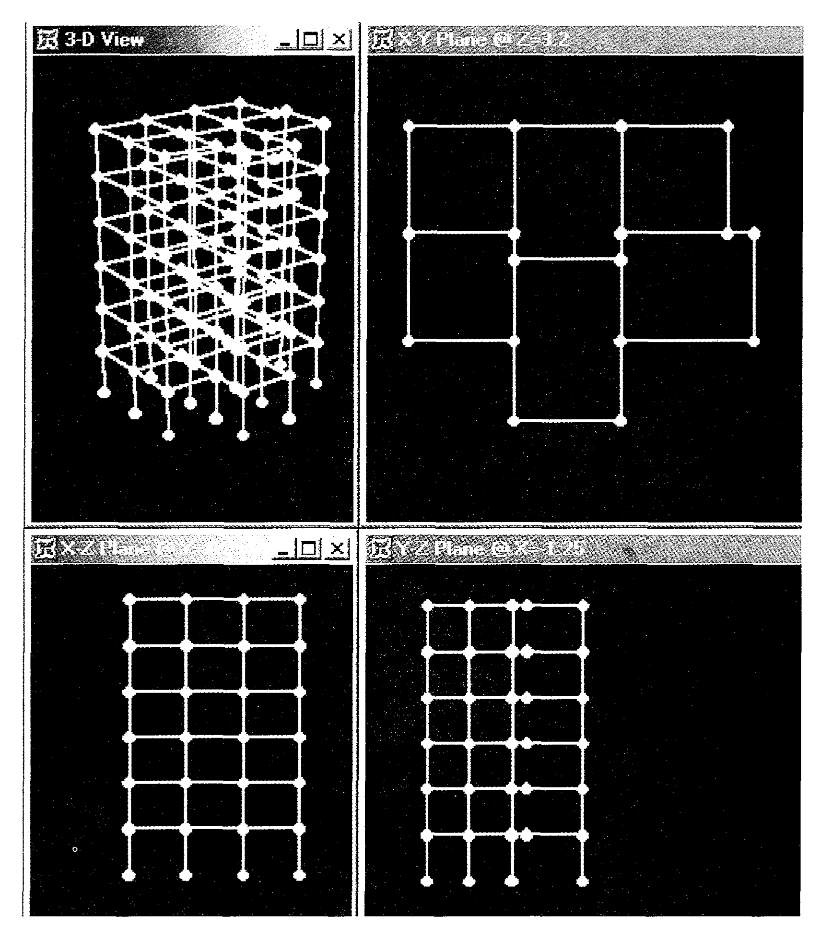
لتحصل بعد التكرار على الشكل (114)

نُذكّر هنا بأن الأمر (Replicate) يكرر كافة خصائص العناصر مع الحمولات المطبقة.



الشكل 113

7 ـ أضف خطوط للشبكة كل (3.20 m) إلى المحور (Z) عند منسوب الطوابق لمعاينة كافة البلاطات.



الشكل 114

8 ـ عرف المقاطع من قائمة (Define) كما يلي:

ـ من أجل تعريف مقاطع الأعمدة أدخل معطيات جدول أبعاد مقاطع الأعمدة وعدد القضبان فيها الموضح أعلاه، مع تسمية المقاطع حسب رمز العمود... فالعمود (CA3) مثلا يمثل أبعاد وعدد القضبان واتجاه المقطع للعمود (C3) في الطوابق الأول والثاني والثالث. كما أن العمود (CB4) مثلا يمثل أبعاد وعدد القضبان واتجاه المقطع للعمود (C4) في الطوابق الرابع والخامس والسادس.

9 ـ عين من قائمة (Assign) المقاطع المعرفة في الخطوة السابقة على العناصر.

● ملاحظة:

هناك طرق عديدة أخرى لتنفيذ عمليات تعريف وتعيين المقاطع ترك للقارئ استكشافها.

10 ـ استعرض المحاور المحلية للعناصر للتأكد من اتجاهات المقاطع. وفي حال كان توليد بعض العناصر مختلفاً في الاتجاه عن العنصر الأخرى فيمكن تعديل اتجاهات هذه العناصر كما يلي:

ـ اختر هذه العناصر.

Assign = Frame → Local Axes → (صندوق الحوار الموضح في الشكل 115)

→ (Reverse Start and End Connectivity ضع إشارة تحقق بجانب)

Frame Local Axis

Angle from Default Direction

Angle in Degrees 0

☑ Reverse start and end connectivity

OK Cancel

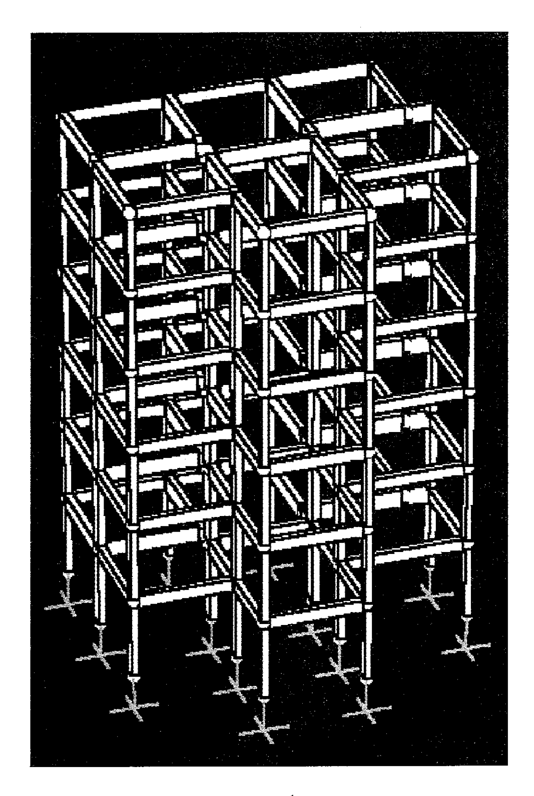
الشكل 115

يعمل هذا الأمر على استبدال عقد النهاية بعقد البداية للعناصر، وهو يفيد في قراءة النتائج.

11 ـ عدل عدد محطات معاينة النتائج (2 للكمرات و 1 للأعمدة) من (Assign Output Segments) أو اقبل بالعدد التلقائي.

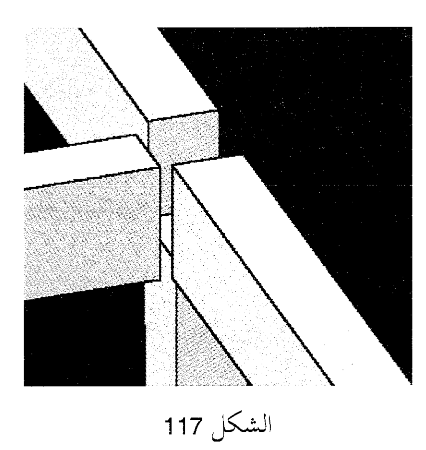
12 ـ فعل خيار (Show Extrusions) من أمر (Set Elements = Ctrl + E) في قائمة (View) لرؤية الشكل الفراغي.

ثم عدل منظر المعاينة من أمر (Set 3 D View) في قائمة (View) أيضاً للحصول على ما يماثل الشكل (116).



الشكل 116

13 ـ حاول تكبير جزء من الشكل السابق لرؤية تفصيلات اتصال العناصر.. (الشكل 117).



الشكل 117

14 ـ قم بتطبيق الحمولات الحرارية كما يلي:

ـ أنشئ الجدول المساعد التالي بالاستعانة بأبعاد المقاطع، مع التنبيه إلى ضرورة توخي الدقة في اتجاهات محاور الأعمدة والكمرات المحيطية باعتبارها العناصر الوحيدة التي تتعرض لتغيرات الحرارة.. (انظر المثال 17 في الفصل الرابع من الجزء الأول).

<table>
<tr><th>العنصر</th><th>تغير درجة الحرارة
عن الوضع التصميمي
يولد تمدد أو تقلص (قوى محورية)</th><th>تدرج درجة الحرارة
على المحور (2 – 2)
يولد انعطاف</th><th>تدرج درجة الحرارة
على المحور (3 – 3)
يولد انعطاف</th></tr>
<tr><td>C1A</td><td rowspan="6">(-5 + 25) / 2 = + 10</td><td rowspan="6">(-5 + 25) / 0.30 = 66.7</td><td>(-5 + 25) / 0.40 = 50</td></tr>
<tr><td>C1B</td><td>(-5+ 25) / 0.30 = 66.7</td></tr>
<tr><td>C2A</td><td>(-5 + 25) / 0.50 = 40</td></tr>
<tr><td>C2B</td><td>(-5 + 25) / 0.40 = 50</td></tr>
<tr><td>C3A</td><td>(-5+ 25) / 0.60 = 33.3</td></tr>
<tr><td>C3B</td><td>(-5 + 25) / 0.50 = 40</td></tr>
<tr><td>B1</td><td rowspan="2">(-5 + 25) / 2 = + 10
تطبق الحمولات الحرارية في الاتجاه (3. 3)
على كمرات الطابق الأخير فقط.</td><td>(-5 + 25) / 0.50 = 40.0</td><td rowspan="2">(-5 + 25) / 0.30 = 66.7</td></tr>
<tr><td>B3</td><td>(-5 + 25) / 0.65 = 30.77</td></tr>
</table>

ـ فعل في المسقط (XY) المعاينة المنظورية (3D View) من قائمة (View) ، ثم اختر جميع العناصر المحيطية من كمرات وأعمدة بنوافذ مطاطية.

اضغط من قائمة (Assign) الأمر (Frame Static Loads) ومنه (Temperature).

أدخل في صندوق الحوار الناتج (Frame Temperature Loading) قيمة فارق درجة الحرارة الكلية (بجانب الخيار Temperature) والتي تمثل الحرارة الموزعة بانتظام على طول العناصر (المحور 1 ـ 1) وفي مثالنا يكون 10 + = 2 / (20 + 5-). اضغط (OK).

تذكر أن حالة التحميل هي (TL).

ـ كرر الخطوة السابقة بعد اختيار العناصر رقم (C1A) ثم أدخل قيمة تدرج الحرارة على المحور (2 ـ 2) ثم كرر ذلك على المحور (3 ـ 3).

ـ أعد تطبيق ما سبق على كافة العناصر الأخرى في الجدول أعلاه مع الانتباه إلى أن العمودين (C2) الواقعين أسفل الشكل (108) بين العمودين (C1) لا يتعرضان لتغير الحرارة في الاتجاه (3 ـ 3).

13 ـ اختر نوع التحليل (Space Frame) من (Set Options) في قائمة (Analyze)، وفعل خيارات الإخراج التي تراها مناسبة من (Generate Output) في نفس صندوق الحوار.

14 ـ ابدأ التحليل (F5).

2 ـ 5 ـ 2 ـ 2 استعراض نتائج التحليل

1 ـ استعرض الشكل المشوه للمنشأ (بتأثير الحمولات الحرارية بشكل خاص).

2 ـ عاين مخططات العزوم والقص والقوى الناظمية لحالات التحميل ولتراكيب الحمولات كما في الأمثلة السابقة.

3 ـ تأكد من أن مجموع الحمولات المطبقة الميتة والحية (مع الأوزان الذاتية لكافة العناصر) يساوي مجموع ردود الأفعال الشاقولية الكلية لكامل المنشأ عند المساند الموثوقة.

ويمكن هنا معرفة إجمالي رد الفعل عند منسوب أي بلاطة.. جرب بلاطة الطابق الأخير كما يلي:

ـ فعل المستوي (XZ) أو (YZ) في أحد نوافذ الشاشة.

ـ اضغط أمر (Set 3 D View = Shift + F3) في قائمة (View) ثم اضغط (OK).

ـ اختر أعمدة الطابق الأخير بالمستقيم القاطع (**Set Intersecting Line Select Mode**).

ـ اختر كمرات السقف الأخير بنافذة مطاطية.

ـ اضغط من قائمة (Assign) أمر (Group Name) لإعطاء اسم معين لمجموعة العناصر المختارة.

ـ أدخل في صندوق الحوار الناتج أي اسم (Group 1) مثلا. ثم اضغط (OK).

ـ اختر من قائمة (Display) أمر (Show Group Joint Force Sums) لنحصل على المطلوب.

2 ـ 5 ـ 2 ـ 3 استعراض نتائج التصميم

1 ـ بدل الواحدات إلى (kg - cm) بدلا من (Ton - m) من أجل قراءة نتائج التسليح.

2 ـ من قائمة (Design) اختر الأمر (Start Design / Check Of Structure = Ctrl + F5) وتأكد من وجود إشارة بجانب أمر (Design Concrete)، وستجد أن مساحات التسليح الطولي كتبت على عناصر المنشأ كما في الشكل (79).

3 ـ اضغط بزر الماوس الأيمن فوق أي عنصر لمعاينة تفصيلات التسليح كما في الأمثلة السابقة.

2 ـ 5 ـ 2 ـ 4 تدريبات من خلال المثال (6) ـ استخدام أعمدة متغيرة المقطع

يطلب تعديل أعمدة الطابق الأرضي في المثال السابق بحيث تصبح الأعمدة المحيطية منها (C1 , C2 , C3) متغيرة المقطع مع تدرج الجهة الداخلية فقط، والأعمدة الداخلية (C4) مع العمود المحيطي (C3) الحامل للشرفة اليسرى، متغيرة المقطع مع تدرج من الجهتين (راجع الشكل 108).

أبعاد مقاطع الأعمدة في الطابق الأرضي (m)			
العمود	المقطع عند منسوب أرض الطابق الأرضي	المقطع عند منسوب سقف الطابق الأرضي	عدد القضبان
C1	C1M = 0.30 x 0.50	C1 N = 0.30 x 0.70	10
C2	C2M = 0.30 x 0.60	C2N = 0.30 x 0.80	12
C3	C3M = 0.30 x 0.70	C3N = 0.30 x 0.90	14
C4	C4M = 0.30 x 80	C4N = 0.30 x 1.00	16

- **خطوات العمل:**

1 ـ نعرف المقاطع بأسماء الجديدة بحيث نرمز مثلا للمنسوب الأرضي بـ (M) والأول بـ (N) كما في الجدول.

2 ـ نعين الأبعاد الجديدة كما يلي:

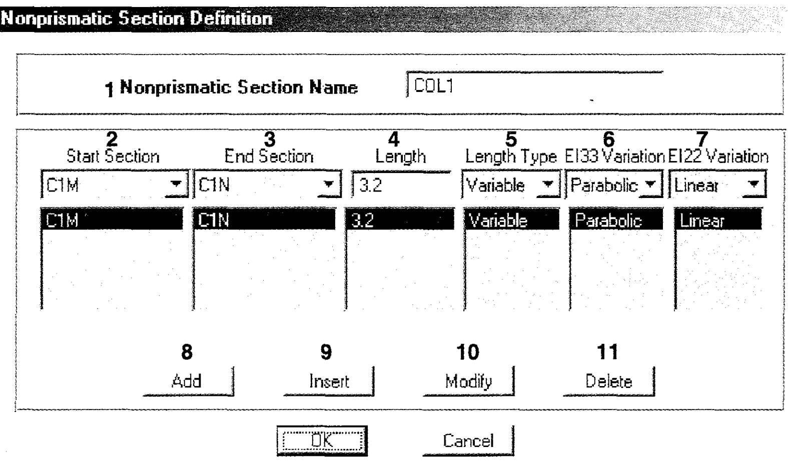
ـ اختر الأعمدة (C1) في الطابق الأرضي بمؤشر الماوس قم بما يلي:

Assign → Frame → sections → Add Wide Flange → Add Non Prismatic

ندخل البيانات اللازمة في صندوق الحوار (118) ثم نضغط (Add) ثم (OK).. (انظر المثال 12 في الجزء الأول).

3 ـ كرر الخطوة السابقة على كافة الأعمدة (C2 , C3 , C4) في الطابق الأرضي.

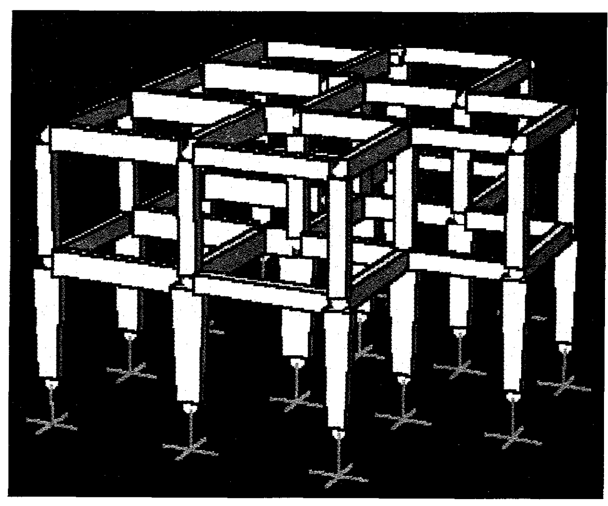
لاحظ تغير مقاطع أعمدة الأرضي بالاتجاه الطويل في الشكل الفراغي (119).



الشكل 118

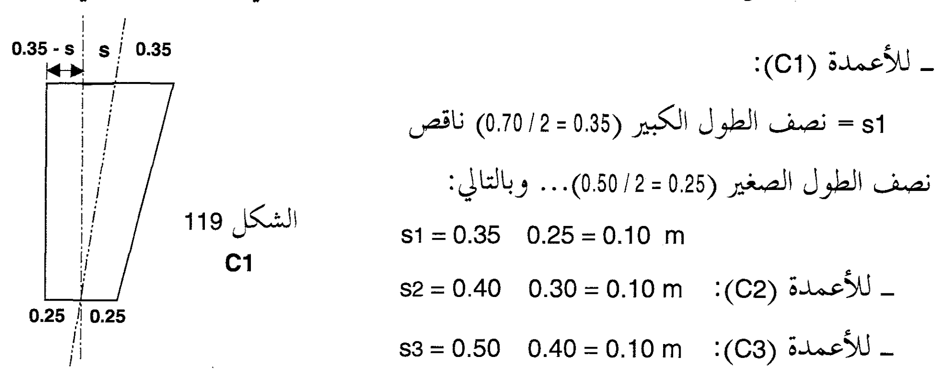
1 ـ اسم المقطع اللاموشوري 2 ـ المقطع عند عقدة البداية حسب اتجاه توليد العنصر. 3 ـ المقطع عند عقدة النهاية حسب اتجاه توليد العنصر. 4 ـ الطول الكلي للعنصر متغير المقطع (انظر الصفحة 150 من الجزء 1) 5 ـ كيفية التغير مطلق أو نسبي. 6 ـ تغير الصلابة (E I) في اتجاه المحور المحلي (3 ـ 3) للعنصر. 7 ـ تغير الصلابة (E I) في اتجاه المحور المحلي (2 ـ 2) للعنصر. 9 ـ إدراج طول تدرج جديد قبل أي طول يتم تحديده فيها. 10 ـ تعديل طول تدرج مُدخَل. 11 ـ حذف طول تدرج.

ونشير هنا أن الخيار (Add Non Prismatic ـ إضافة مقطع غير موشوري) لا يظهر في الحالة العامة ضمن قائمة (Add Wide Flange) إلا بعد تعريف مقطع جديد واحد كحد أدنى، بحيث يصبح هناك مقطعان معرفان على الأقل.



الشكل 119

4 ـ من أجل تعيين التغير في مقطع الأعمدة المحيطية من اتجاه واحد نحرك العقد العلوية للأعمدة المحيطية نحو الداخل بمقدار المسافة (S) المبينة في الشكل (119) والتي تحسب كما يلي:



الشكل 119
C1

ـ للأعمدة (C1):

s1 = نصف الطول الكبير (0.35 = 0.70 / 2) ناقص

نصف الطول الصغير (0.25 = 0.50 / 2)... وبالتالي:

s1 = 0.35 0.25 = 0.10 m

ـ للأعمدة (C2): s2 = 0.40 0.30 = 0.10 m

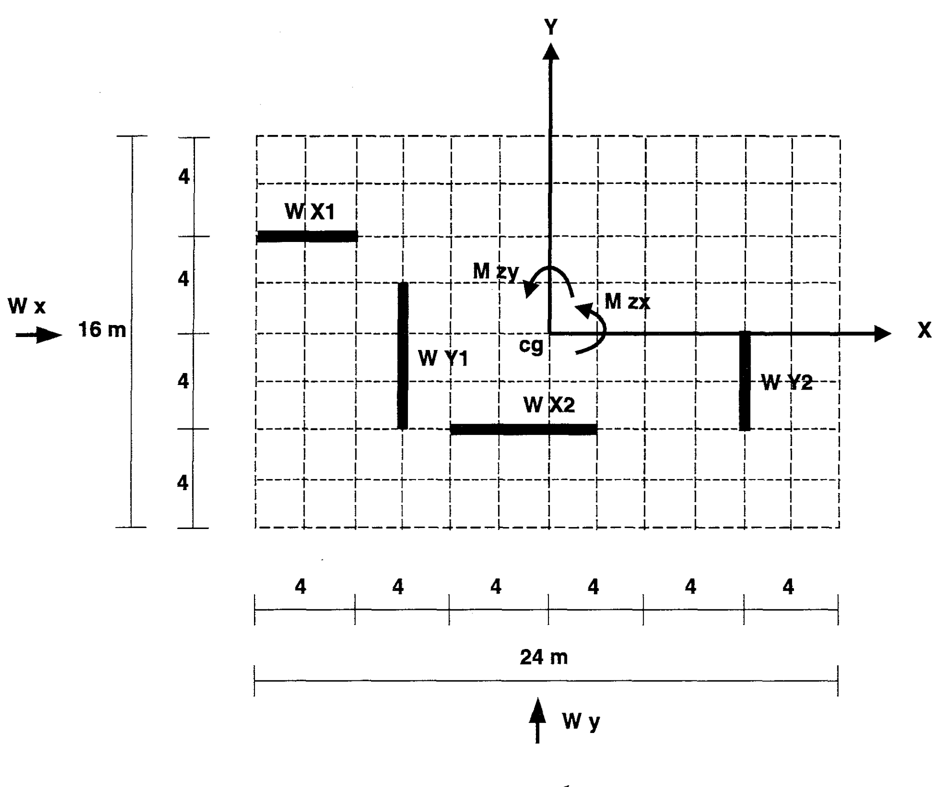
ـ للأعمدة (C3): s3 = 0.50 0.40 = 0.10 m

حرك إذن العقد العلوية للأعمدة المذكورة عند منسوب سقف الأرضي بعد اختيار هذه العقد باتجاه الداخل بمقدار (Y = ± 0.10) حسب اتجاه الداخل بالنسبة لكل عقدة، وذلك من أمر (Move = Ctrl + M) في قائمة (Edit).. *ويجب الانتباه هنا إلى إشارة اتجاه الحركة (موجبة أو سالبة).*

5 ـ أعد التحليل وقارن النتائج.

2 ـ 5 ـ 3 مثال 7 ـ تحليل جملة فراغية من جدران القص تحت حمولات الرياح

يطلب تحليل الجملة الإنشائية من الجدران الخرسانية المسلحة للمبنى الموضح مسقطه في الشكل (120) والمؤلف من (9) طوابق متكررة بارتفاع (3 m) وفق المعطيات التالية:



الشكل 120

1 ـ سماكات الجدران:

الطوابق	سماكة كافة الجدران (m)
1 و 2 و 3	0.40
4 و 5 و 6	0.30
7 و 8 و 9	0.20

2 ـ تعتبر الحمولات الميتة الموزعة من البلاطات والمطبقة على كافة الجدران في كل طابق (DL = 4 T / m) غير متضمنة الوزن الذاتي للجدران، والحمولات الحية من البلاطات الموزعة على كافة الجدران أيضا في كل طابق (LL = 2.5 T / m).

3 ـ المنشأ يقع في منطقة شاطئية عالية التعرض للرياح (معامل الموقع K s = 1.3).

4 ـ سرعة الرياح التصميمية (v = 125 km/ hr = 34.72 m / sec)

5 ـ المواد وفق الكود (ACI 318-94)، مع تراكيب الحمولات التالية:

التركيب 1 COMB1 = 1.4 DL + 1.7 LL

التركيب 2 COMB2 = 0.9 DL + 1.3 LL

التركيب 3 COMB3 = 0.9 DL - 1.3 LL

التركيب 4 COMB4 = 0.75 (1.4 DL + 1.7 LL + 1.7 WLX)

التركيب 5 COMB5 = 0.75 (1.4 DL + 1.7 LL - 1.7 WLY)

التركيب 6 COMB5 = 0.75 (1.4 DL + 1.7 LL - 1.7 WLX)

التركيب 7 COMB5 = 0.75 (1.4 DL + 1.7 LL - 1.7 WLY)

- **خطوات الحل**

أولا ـ حسابات أولية

ـ ملاحظة: يمكن تطبيق حمولات الرياح في البرنامج بأكثر من طريقة منها الطريقة المشروحة فيما يلي:

قم بحساب حمولة ضغط الرياح الأفقية الكلية،(حمولة ستاتيكية مكافئة وموزعة بانتظام على كامل عرض الواجهات) من علاقة الكود السوري أو من أي كود آخر كما يلي:

$$W_i = 1.3 K_h K_s W_d \quad kg / m^2$$

حيث ($K_s = 1.3$) معامل الموقع.

(K_h) معامل الارتفاع والذي يساوي الواحد بالنسبة للارتفاع 10 m وما دون، ويحسب كما يلي للارتفاعات الأعلى (يمكن الاستعانة ببرنامج Excel لإنجاز الحسابات المساعدة التالية):

$$K_h = 2.5\,(1 - \frac{42}{h + 60})$$

الطابق	1 , 2 , 3	4	5	6	7	8	9
الارتفاع	< 10	12	15	18	21	24	27
K h	1	1.04	1.10	1.15	1.20	1.25	1.29

(W_d) ـ الضغط الديناميكي والذي يتحول إلى ضغط ستاتيكي مكافئ لهبة الرياح الناتجة عن السرعة التصميمية حين تصطدم الرياح بالحواجز ويقدر بواحدة (m / sec) ويحسب كما يلي:

$$W_d = \frac{v^2}{16} = \frac{34.72^2}{16} \approx 75 \quad kg / m^2$$

إذن:

الطابق	1 , 2 , 3	4	5	6	7	8	9
$W_i \; kg/m^2$	127	132	139	146	153	158	164

وتصبح القوى الأفقية المركزة في مناسيب كل طابق من الطوابق المتكررة باستثناء الطابق الأخير كما يلي:

$$W_y = 3 . 24 . W_i \; kg \qquad W_x = 3 . 16 . W_i \; kg$$

وتكون في الطابق الأخير:

$$W_y = 3 . 12 . W_i \; kg \qquad W_x = 3 . 8 . W_i \; kg$$

أي..

الطابق	1 , 2 , 3	4	5	6	7	8	9
Wx ton	6.1	6.3	6.7	7.0	7.3	7.6	3.9
Wy ton	9.1	9.5	10.0	10.5	11.0	11.4	5.9

من أجل حساب عزم الفتل المطبق عند منسوب كل طابق أوجد مركز المرونة كما يلي، مع إهمال الاتجاهات القصيرة للجدران (أي نأخذ الجدران Wx1 , Wx2 , Wx3 لحساب Y ce و Wy1 , Wy2 , Wy3 لحساب X ce).. (موقع مركز المرونة ثابت في كافة الطوابق في المثال المعطى).

ـ للجدران (Wy1 , Wy2):

$$X_{ce} = \frac{\sum A_i X_i}{\sum A_i} = -0.40 \quad m$$

ـ للجدران (Wx1 , Wx2):

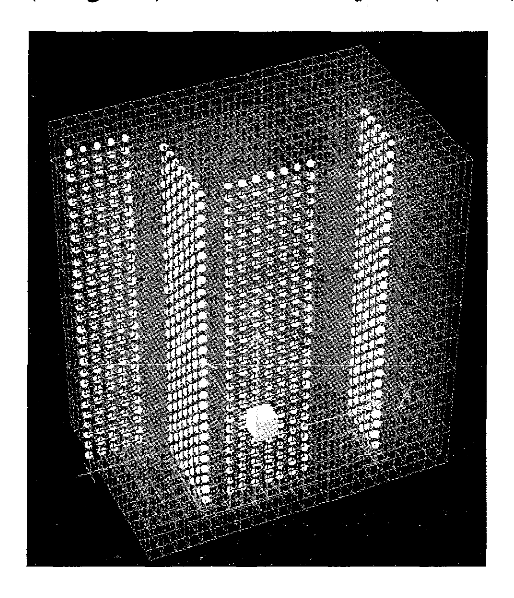
$$Y_{ce} = \frac{\sum A_i Y_i}{\sum A_i} = -0.67 \quad m$$

الطابق	1 , 2 , 3	4	5	6	7	8	9
M zx = Wx . Yce T.m	4.06	4.23	4.46	4.68	4.88	5.07	2.62
M zy = Wy . Xce T.m	3.65	3.80	4.02	4.21	4.39	4.56	2.36

وتكون عزوم الفتل موجبة باعتبارها بعكس عقارب الساعة عندما يكون المحور (Z) باتجاه عين القارئ انظر الشكل (120).

ثانياً ـ نمذجة المنشأ والتحليل:

1 ـ ارسم المنشأ وقم بتعريف المواد والمقاطع (Shell Sections) وحالات التحميل وتراكيب الحمولات من قائمة (Define) كما في الأمثلة السابقة.. (الشكل 121).

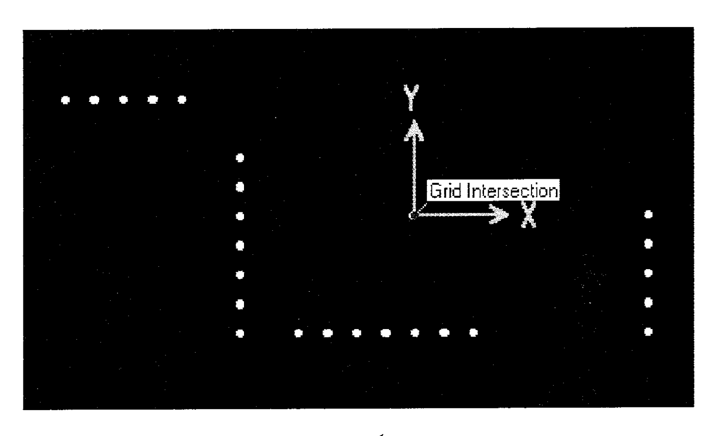


الشكل 121

2 ـ عين من قائمة (Assign) المقاطع والحمولات الميتة والحية بعد تحويلها إلى حمولات عقدية ثم عين حمولات الرياح الأفقية كما يلي:

آ ـ فعل المسقط (XY) في إحدى النوافذ.

ب ـ ارسم في مركز ثقل الشكل (المسقط الأفقي) وعند منسوب سقف الطابق الأول (Z = 3) عقدة خاصة باستخدام الأمر (Add Special Joint) من قائمة (Draw)، أو باستخدام الأيقونة ▫ كما في الشكل (122).. (راجع الفقرة 4 ـ 4 ـ 4 في الفصل الرابع من الجزء 1).



الشكل 122

جـ ـ تأكد من أن إحداثيات هذه العقدة هي (3 , 0 , 0) بوضع سهم الماوس فوقها ثم الضغط بالزر الأيمن.

د ـ اختر هذه العقد بالضغط عليها بمؤشر الماوس، أو عبر نافذة مطاطية، ثم قم بنسخها (Copy = Ctrl + C)

هـ ـ الصق العقدة المنسوخة (Ctrl + V) عند منسوب الطابق الثاني (Z = 6 m).

و ـ كرر النسخ واللصق على مناسيب كافة الطوابق.

ح ـ اختر العقدة الأولى (Z = 3)، ثم عين عليها قوة الرياح مع عزم الفتل في الاتجاه (X) لحالة التحميل (WLX). وكرر ذلك على العقد الخاصة في المناسيب الأخرى.

ط ـ أعد ما سبق على الاتجاه (Y).

3 ـ اختر كافة العقد الواقعة في منسوب سقف الطابق الأول (Z = 3).

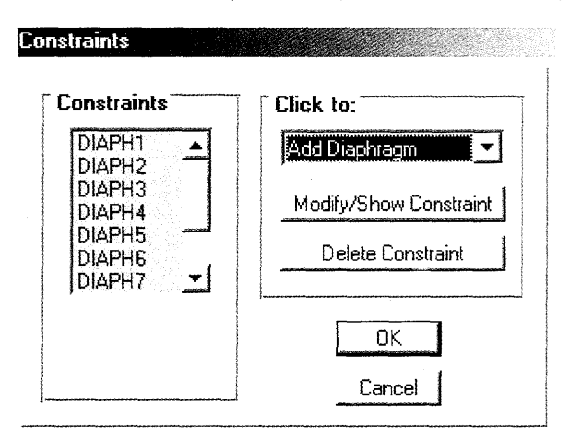
4 ـ اربط المستوي المذكور بالعقدة الرئيسية كما يلي:

Assign → Joint → Constraints → Click To → Add Diaphragm →

حدد الخيارات من صندوق الحوار الناتج (حافظ على الاسم التلقائي أو اختر اسما جديدا) ثم اضغط (OK) لإغلاق كافة النوافذ... لاحظ اللون الأخضر للعقد.

5 ـ كرر ما سبق على كافة مناسيب الطوابق (الشكل 123) ولكل طابق على حده.

ـ *من الضروري هنا مراجعة الفقرة (2 ـ 4 ـ 2).*



الشكل 123

6 ـ ضع مؤشر الماوس على العقدة الرئيسية في أي منسوب واضغط بالزر الأيمن للتأكد من الإحداثيات والرابط (Diaphragm).

7 ـ عين مساند موثوقة في جميع العقد السفلية.

8 ـ اختر نوع التحليل والإخراجات المطلوبة ثم ابدأ التحليل.

يتطلب التحليل بعض الوقت نظرا لكثرة العناصر وعدد المعادلات اللازمة للحل. كما تظهر رسائل تحذير تشير إلى أن قساوة العقد الرئيسية تساوي الصفر، إلا أن ذلك لا يؤثر على النتائج.

9 ـ قم بقراءة نتائج الإجهادات والقوى كما في المثال (3) من الفصل الأول، وتذكر ما يلي أثناء استعراض النتائج الموضحة في الشكل:

تقرأ نتائج القوى والعزوم لواحدة الطول بغض النظر عن أبعاد الشريحة.. (T / m مثلا).

(F11 , F22) ـ القوى في مستوي الجدار المعني في اتجاهات المحاور (1 و 2).

(F12) ـ قوة القص في المستوي (12) ، والتي تسبب لي (Twisting) حول محور عمودي على مستوي الشريحة.

(FMAX , FMIN) ـ قوى الشد والضغط العظمى والصغرى ضمن مستوي الشريحة الجدارية في ساحة الإجهادات الرئيسية حيث تنعدم القوى من الإجهادات المماسية (F12).

وتحسب القوى الداخلية السابقة من خلال الإجهادات باعتبارها ثابتة على كامل سماكة العنصر كما في العلاقات المعطاة أدناه.

(M11) ـ عزم الانعطاف باتجاه المحور المحلي (11).

(M22) ـ عزم الانعطاف باتجاه المحور المحلي (22).

(M12) ـ عزم اللي (Twisting) المستوي (12).

(MMAX , MMIN) ـ عزوم الانعطاف العظمى والصغرى في ساحة الإجهادات الرئيسية حيث تنعدم عزوم اللي.

(V13) ـ قوة القص العرضية المعامدة للمستوي (13). (القص باتجاه المحور 3 والمرسوم على المحور 1).

(V23) ـ قوة القص العرضية المعامدة للمستوي (23). (القص باتجاه المحور 3 والمرسوم على المحور 2).

والقص يكون باتجاه المحور (3) دوما.. انظر العلاقات مع الإجهادات أدناه.

(VMAX) ـ قوة القص العظمى في ساحة الإجهادات الرئيسية.

يرمز للإجهادات في ملفات الإخراج بـ (S11 , S22 , S12 , S13 , S23).

نكرر هنا الصيغ التالية للعلاقات التي تربط الإجهادات بالأفعال الداخلية كما يلي:

$$S11 = \frac{F11}{t} - \frac{12\ M11}{t\ b^3}\ x_3$$

$$S22 = \frac{F22}{t} - \frac{12\ M22}{t\ b^3}\ x_3$$

$$S12 = \frac{F12}{t} - \frac{12\ M12}{t\ b^3}\ x_3$$

حيث:

(t) سماكة العنصر القشري

(b) عرض الشريحة لواحدة الأبعاد ويساوي الواحد (1).

(x_3) إحداثي السماكة اعتبارا من السطح المتوسط للعنصر.

$$S13 = \frac{V13}{t\,b} \qquad S23 = \frac{V23}{t\,b} \qquad S33 = 0 \qquad S23 = \frac{V23}{t\,b}$$

ويجري حساب قوى القص المستوية من العلاقتين:

$$V13 = \frac{dM11}{dx_1} - \frac{dM12}{dx_2} \qquad V23 = \frac{dM22}{dx_1} - \frac{dM22}{dx_2}$$

حيث:

(x_1) الإحداثي المستوي الموازي للمحور (11).

(x_2) الإحداثي المستوي الموازي للمحور (22).

ثالثا ـ ملاحظات هامة حول المسألة:

1 ـ إذا أردنا أن يكون خيار نوع التحليل في المسألة السابقة فراغيا (أي أن الجدران معرفة كعناصر قشرية Shell) فهذا يعني أنها ستعمل في كافة الاتجاهات... ولذلك يمكن حين التصميم (خارج البرنامج لأنه لا يصمم عناصر قشرية) إهمال الانعطاف في الاتجاه العمودي على مستويها مثلا، أو أخذ النتائج المرغوب بالحصول عليها فقط، ومن ثم البدء بالتصميم.

2 ـ يمكن حل المسألة السابقة كمسألتين مستقلتين مستويتين بحيث نعتبر المسألة في الحل الأول مؤلفة من الجدارين (Wx1 , Wx2)، نطبق عليها الحمولات الميتة الحية، ثم قوى الرياح وعزم الفتل الناتج عنها في الاتجاه (X) فقط . ومن ثم نعيد المسألة في الاتجاه (Y) باعتبارها مؤلفة من الجدارين (W y1 , W y2).

ويسمح لنا التحليل المستوي تعريف هذه الجدران كعناصر غشائية (Membrane) حيث تنعدم العزوم في الاتجاه العمودي على مستوي الجدران (العمل البلاطي).

ولهذا يجب الانتباه حين القيام بالتحليل المستوي إلى درجات حرية المنشأ حين اختيار نوع التحليل من (Set Options) في قائمة (Analyze).

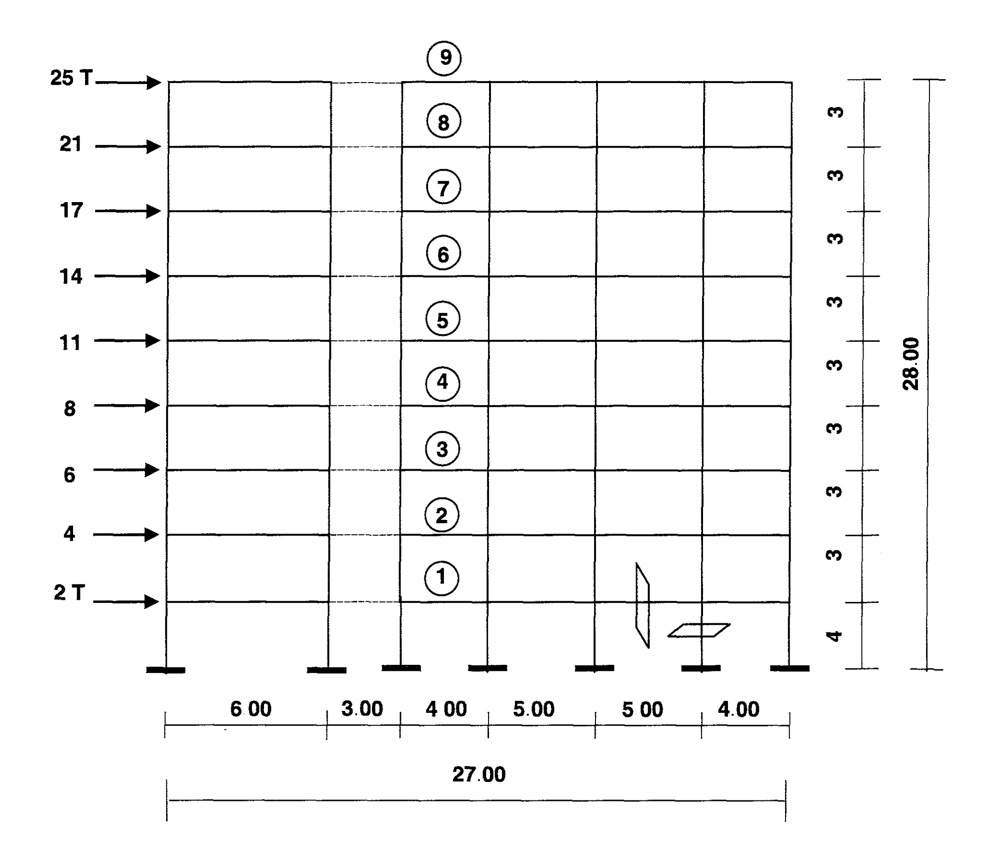
2 ـ 5 ـ 4 مثال 8 ـ تحليل جملة مشتركة من جدار قص وإطار

يطلب حساب تحمل الجملة المعطاة في المثال (5) عندما تعمل بشكل مشترك مع جدار القص الموضح في الشكل (124) تحت الحمولات الجانبية فقط، وإيجاد مساهمة كل من الإطار والجدار في تلقي هذه الحمولات.

ـ الواحدات (Ton , m).

وأبعاد عناصر الجملة كما يلي:

ـ أبعاد كافة الكمرات (B = 0.30 x 0.70 m).



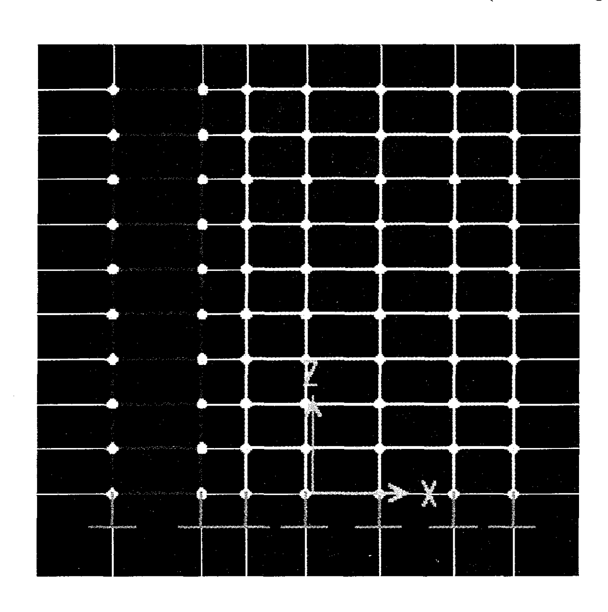
الشكل 124

ـ سماكة الجدار وأبعاد الأعمدة كما في الجدول التالي:

الطابق	اسم العمود	أبعاد المقطع	اسم الجدار	السماكة
1 و 2 و 3	C123	0.30 x 0.80	W123	0.30
4 و 5 و 6	C456	0.30 x 0.70	W456	0.25
7 و 8 و 9	C789	0.30 x 0.60	W789	0.20

2 ـ 5 ـ 4 ـ 1 النمذجة

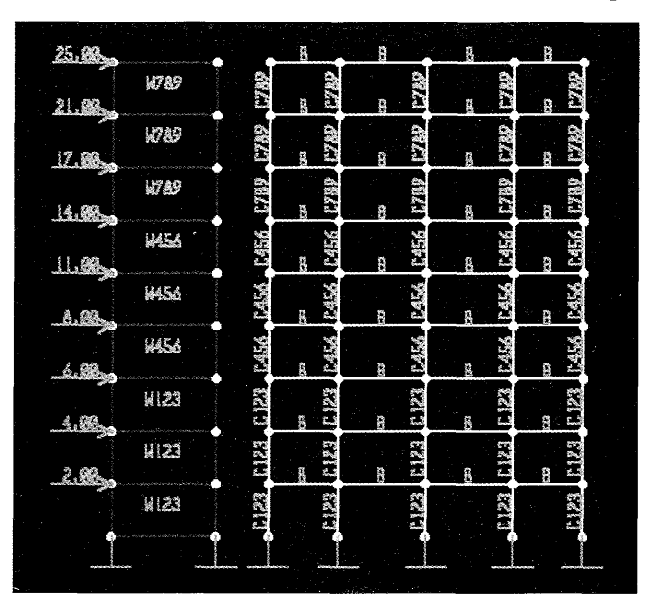
1 ـ تأكد من الواحدات ثم ارسم الإطار كما في الأمثلة السابقة.. اختر للتبسيط خطوط الشبكة بحيث تمر من مناسيب الطوابق فقط ومن المحاور الشاقولية للأعمدة.. كما في الشكل (125).. (*لاحظ خطوط الشبكة*).



الشكل 125

2 ـ عرف من قائمة (Define) المواد (Materials = CONC) والمقاطع الإطارية (Frame Sections) مع تحديد نوع العنصر الإطاري (عمود أو كمرة) من خيار (Reinforcement)، وعرف كذلك المقاطع القشرية (Shell Sections .. Type = Membrane or Shell).

3 ـ عين المقاطع السابقة من قائمة (Assign).. (الشكل 126).



الشكل 126

4 ـ طبق الحمولات الجانبية في العقد اليسرى للجدار وباتجاه المحور (X).

5 ـ عين رابط الغشاء الصلب من قائمة (Assign) كما يلي:

ـ اختر كافة عقد الطابق الأول بنافذة مطاطية.

Assign → Joint → Constraints → Click to → Add Diaphragm →

(اختيار اسم الرابط حافظ على الاسم التلقائي والمحور العمودي عليه Z) → OK → OK

ـ كرر العملية السابقة على كافة الطوابق.

6 ـ اختر كامل عناصر الطابق الأول مع عقد المساند التي تقع تحت الطابق المذكور، باستثناء الكمرات (أي جدار وأعمدة الأول والعقد التي تقع تحتها). ثم أعطها اسم مجموعة (1) كما يلي:

Assign → Group Name → Group1 → Add New Group Name → OK

وللتأكد من تنفيذ الأمر قم بما يلي:

Select → Select → Groups → Group1 → OK

حيث تتفعل العناصر المختارة.

7 ـ طبق البند (5) على كافة مناسيب الطوابق لاختيار (9) مجموعات.

8 ـ اختر نوع التحليل:

Analyze → Set Options → XZ Plane → OK

ـ ضع إشارة تحقق بجانب (Generate Output).

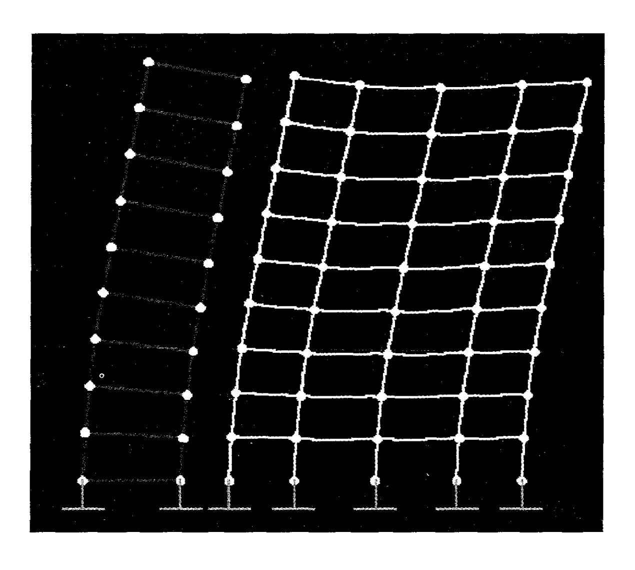
ـ اضغط زر (Select Output Options) وحدد كافة خيارات النتائج من أجل كافة حالات التحميل وتركيب الحمولات المتاحة ثم (OK).

9 ـ أعط أمر التحليل بالضغط على مفتاح (F5) ثم تأكد من عدم ظهور رسائل أخطاء أو تحذيرات.

2 ـ 5 ـ 4 ـ 2 نتائج التحليل

1 ـ يصبح المنشأ المشوه كما في الشكل (127).

2 ـ عاين ردود الأفعال ومخططات العزوم والقص كما في الأمثلة السابقة.



الشكل 127

3 ـ أظهر مجاميع القوى المطبقة في المجموعات المعرفة كما يلي:

Display → Show Group Joint Force Sums →

عين كافة المجموعات باستثناء ALL باستخدام مؤشر الماوس مع الضغط على مفتاح Ctrl ثم اضغط (OK)

تحصل على النافذة المجدولة (128) والتي تحتوي على قوى القص والعزوم التي تتلقاها الجملة المختلطة عند كل طابق.

GROUP JOINT FORCE SUMMATION

File

GROUP	LOAD	F-X	F-Y	F-Z	M-X	M-Y	M-Z
GROUP1 (Sum at X=0.2142857 Y=0 Z=4.5)							
	LOAD1	0.000	0.000	212.054	0.000	999.685	0.000
GROUP2 (Sum at X=4.5 Y=0 Z=7.5)							
	LOAD1	0.000	0.000	84.822	0.000	-7.777E-05	0.000
GROUP4 (Sum at X=4.5 Y=0 Z=10.5)							
	LOAD1	0.000	0.000	74.219	0.000	1.463E-04	0.000
GROUP3 (Sum at X=4.5 Y=0 Z=7.5)							
	LOAD1	0.000	0.000	84.822	0.000	-7.777E-05	0.000
GROUP5 (Sum at X=4.5 Y=0 Z=13.5)							
	LOAD1	0.000	0.000	74.219	0.000	7.673E-05	0.000
GROUP6 (Sum at X=4.5 Y=0 Z=16.5)							
	LOAD1	0.000	0.000	74.219	0.000	0.000	0.000
GROUP7 (Sum at X=4.5 Y=0 Z=19.5)							
	LOAD1	0.000	0.000	63.616	0.000	-1.066E-04	0.000
GROUP8 (Sum at X=4.5 Y=0 Z=22.5)							
	LOAD1	0.000	0.000	63.616	0.000	-3.588E-05	0.000
GROUP9 (Sum at X=4.5 Y=0 Z=25.5)							
	LOAD1	0.000	0.000	63.616	0.000	-5.841E-06	0.000

الشكل 128

4 ـ اختر جدار الطابق الأول فقط مع عقد المساند الواقعة تحته مباشرة ثم عين المجموعة الأولى (G W1)

Assign → Group Name → GW1 → Add New Group Name → OK

كرر ذلك على أعمدة الطابق الأول مع العقد الواقعة أسفلها (G F1).

طبق ما سبق على كافة الطوابق. ثم أعد إظهار النتائج كما في الشكل (129).

GROUP JOINT FORCE SUMMATION

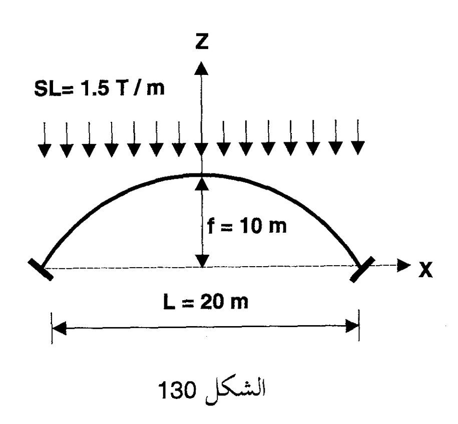
File

GROUP	LOAD	F-X	F-Y	F-Z	M-X	M-Y	M-Z
GW2 (Sum at X=-10.5 Y=0 Z=3)							
	LOAD1	-86.558	0.000	954.245	0.000	-1100.547	0.000
GW1 (Sum at X=-10.5 Y=0 Z=0)							
	LOAD1	-96.168	0.000	1081.478	0.000	-1389.052	0.000
GW3 (Sum at X=-10.5 Y=0 Z=6)							
	LOAD1	-73.194	0.000	827.013	0.000	-840.872	0.000
GW4 (Sum at X=-10.5 Y=0 Z=9)							
	LOAD1	-67.428	0.000	699.780	0.000	-621.290	0.000
GW5 (Sum at X=-10.5 Y=0 Z=12)							
	LOAD1	-54.980	0.000	593.753	0.000	-419.006	0.000
GW6 (Sum at X=-10.5 Y=0 Z=15)							
	LOAD1	-40.206	0.000	487.725	0.000	-254.067	0.000
GW7 (Sum at X=-10.5 Y=0 Z=18)							
	LOAD1	-35.066	0.000	381.698	0.000	-133.448	0.000
GW8 (Sum at X=-10.5 Y=0 Z=21)							
	LOAD1	-17.419	0.000	254.465	0.000	-28.251	0.000
GW9 (Sum at X=-10.5 Y=0 Z=24)							
	LOAD1	8.002	0.000	127.233	0.000	24.007	0.000
GF1 (Sum at X=4.5 Y=0 Z=1.5)							
	LOAD1	0.000	0.000	84.822	0.000	0.000	0.000
GF2 (Sum at X=4.5 Y=0 Z=4.5)							
	LOAD1	0.000	0.000	84.822	0.000	0.000	0.000
GF3 (Sum at X=4.5 Y=0 Z=7.5)							
	LOAD1	0.000	0.000	84.822	0.000	-7.777E-05	0.000
GF4 (Sum at X=4.5 Y=0 Z=10.5)							
	LOAD1	0.000	0.000	74.219	0.000	1.463E-04	0.000
GF5 (Sum at X=4.5 Y=0 Z=13.5)							
	LOAD1	0.000	0.000	74.219	0.000	7.673E-05	0.000
GF7 (Sum at X=4.5 Y=0 Z=19.5)							
	LOAD1	0.000	0.000	63.616	0.000	-1.066E-04	0.000
GF6 (Sum at X=4.5 Y=0 Z=16.5)							
	LOAD1	0.000	0.000	74.219	0.000	0.000	0.000
GF8 (Sum at X=4.5 Y=0 Z=22.5)							
	LOAD1	0.000	0.000	63.616	0.000	-3.588E-05	0.000
GF9 (Sum at X=4.5 Y=0 Z=25.5)							
	LOAD1	0.000	0.000	63.616	0.000	-5.841E-06	0.000

الشكل 129

2 ـ 5 ـ 5 مثال 9 ـ تحليل قوس خرساني مسلح

يطلب تحليل القوس التزييني من الخرسانة المسلحة الموضح في الشكل (130) تحت تأثير وزنه الذاتي (SW) وحمولة الثلج التي تنقل إليه بمقدار (SNL = 1.5 T / m) وحسب المعطيات التالية:



الشكل 130

- مقطع عناصر القوس دائرية بقطر (0.70 m) عند القاعدة، و (0.20 m) عند القمة.
- معادلة القوس قطع مكافئ وأبعاده كما في الشكل.
- تركيب الحمولات المطلوب.. COMB = 1.2 (SE + SNL)

2 ـ 5 ـ 5 ـ 1 النمذجة

1 ـ نوجد معادلة القوس من المعادلة العامة:

$$Z=\frac{4f\,X\,(L-X)}{L^2}\quad Z=\frac{4.10\,X\,(20-X)}{20^2}\quad\Rightarrow\quad Z=2X-0.10X^2$$

- نستعين ببرنامج (Excel) لتنظيم جدول بالقيم العددية للمعادلة المعطاة:

- تم اختيار الإحداثي (X) بين (0) و (20) بتدرج كل (2 m).. ويمكن تعديل هذا التدرج بحيث يكون (0.50 m) أو (1.00 m) مثلا، وذلك حسب الدقة المطلوبة.

- من الضروري تنظيم ترويسة الجدول (السطر العلوي الأول) كما هو موضح في الجدول التالي، مع التأكيد على كتابة العبارة (POINT) بالحرف الكبير (CAPITAL LETTER).

- يمكن استخدام برنامج محرر النصوص (Word) بدلا من برنامج (Excel) بهدف تنظيم الجدول السابق.

TYPE	NAME	X	Y	Z
POINT	1	0.00	0.00	0.00
POINT	2	2.00	0.00	3.60
POINT	3	4.00	0.00	6.40
POINT	4	6.00	0.00	8.40
POINT	5	8.00	0.00	9.60
POINT	6	10.00	0.00	10.00
POINT	7	12.00	0.00	9.60
POINT	8	14.00	0.00	8.40
POINT	9	16.00	0.00	6.40
POINT	10	18.00	0.00	3.60
POINT	11	20.00	0.00	0.00

2 ـ اختر كافة خلايا الجدول السابق من برنامج (Excel) بما في ذلك العناوين ، ثم انسخ هذه الخلايا من أمر (Copy) في قائمة (Edit).

3 ـ افتح برنامج (Sap 2000) ثم خذ نموذج جديد (New Model) واختر شبكة بتباعد (2 m) على المحور (X) بحيث يمر خط شاقولي من كل نقطة من نقاط القوس المرسومة.

4 ـ الصق محتويات الذاكرة (البيانات المنسوخة من الجدول السابق) ضمن الشبكة المختارة من أمر (Paste) في قائمة (Edit) لتحصل على صندوق الحوار الموضح في الشكل (131)، والذي يمثل قيم إحداثيات أول نقطة من الجدول بالنسبة لمبدأ إحداثيات (SAP).

Paste Coordinates

Change coordinates by:

Delta X 0.

Delta Y 0.

Delta Z 0.

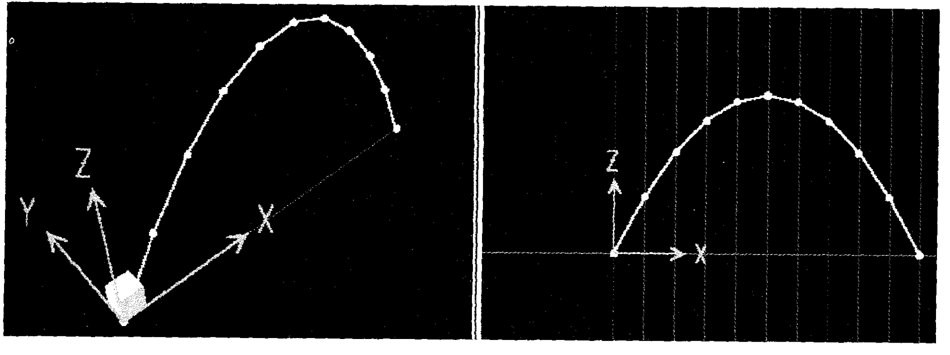
OK Cancel

الشكل 131

5 ـ اضغط (OK) في صندوق الحوار السابق لتحصل على نقاط القوس المطلوب.

6 ـ احفظ الملف بأي أسم تختار ثم ضع مؤشر الماوس على نقطة القمة واضغط الزر الأيمن للتأكد من أن إحداثياتها (10 , 0 , 10)... ومن المفيد هنا معاينة إحداثيات نقاط أخرى بحيث تكون مطابقة لقيم الجدول السابق.

7 ـ قم بوصل النقاط السابقة بعناصر إطارية كما في الشكل (132).



الشكل 132

8 ـ عرف من قائمة (Define) المادة (.CONC) والمقاطع التالية (Add Circle):

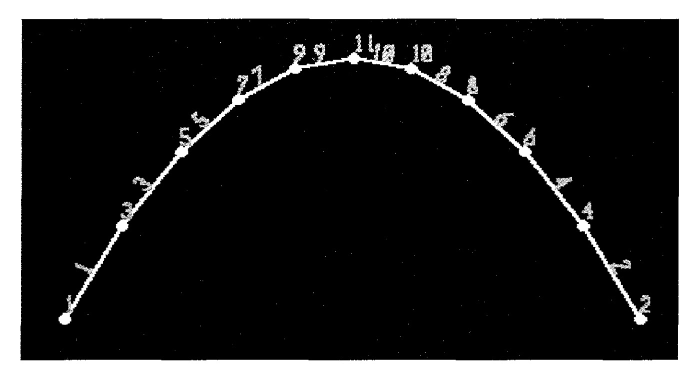
- (S70 , D = 0.70).. التغطية (0.05 m)
- (S60 , D = 0.60).. التغطية (0.05 m)
- (S50 , D = 0.50).. التغطية (0.04 m)
- (S40 , D = 0.40).. التغطية (0.04 m)
- (S30 , D = 0.30).. التغطية (0.03 m)
- (S20 , D = 0.20).. التغطية (0.03 m)

ثم عرف حالتي التحميل وتركيب الحمولة.

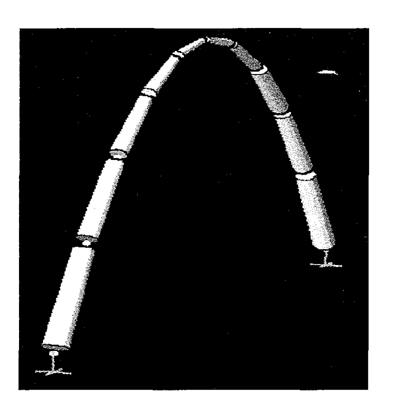
9 ـ عين المساند وأظهر أرقام العقد والعناصر بحيث تكون كما في الشكل (133).

10 ـ عين المقاطع كما يلي كعناصر متغيرة المقطع لتحصل على الشكل الفراغي (134).

11 ـ اختر نوع التحليل ونتائج كافة الإخراجات تحت التركيب (COMB) ثم احفظ الملف باسم (Arch) وأعط أمر التحليل.



الشكل 133



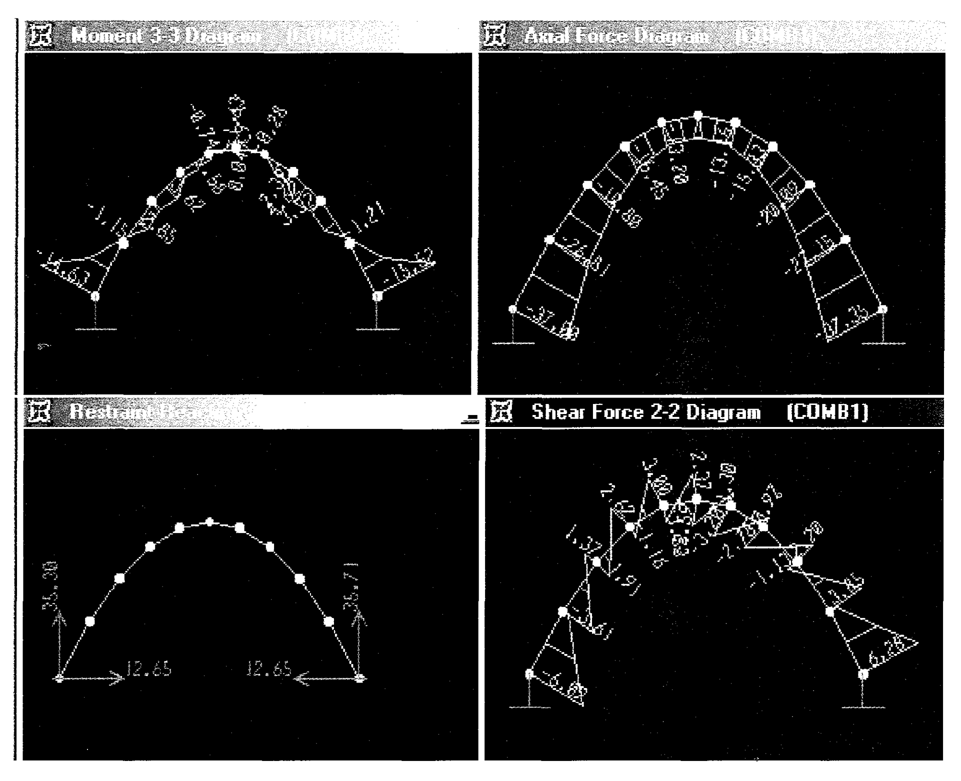
الشكل 134

2 ـ 5 ـ 5 ـ 2 نتائج التحليل

1 ـ استعرض الانتقالات والدورانات في عقد القوس على الشكل المشوه بالضغط بزر الماوس الأيمن فوق العقدة التي تختارها.

2 ـ أظهر مخططات العزوم والقوى الناظمية والقص تحت تركيب الحمولة التصميمية. (الشكل 135).

3 ـ حاول قراءة ملفات الإدخال والإخراج... انظر المثال 10 في الفصل الثالث



الشكل 135

- **ملاحظات هامة حول أداء المنشآت القوسية المرنة مقارنة بالمنشآت الأخرى:**

يعرف القوس بأنه عنصر إنشائي خطي (إطاري) محوره الرئيسي واقع في مستوي شاقولي، وهو ينقل الحمولات إلى المساند الطرفية عبر المحور المذكور. ولا يسمى أي عنصر منحني قوساً إلا إذا حقق ما يلي:

ـ كافة الحمولات المطبقة واقعة في مستوي المنحني.

ـ كافة المقاطع العرضية متناظرة بالنسبة للمحور المنحني.

وقد تكون الأقواس متناظرة أو غير متناظرة. كما تكون المساند مفصلية من الطرفين أو موثوقة من الطرفين أو مفصلية من طرف وموثوقة من الآخر وقد تحتوي في أي من الحالات الثلاث المذكورة على مفصل في القمة (التاج).

نوع العنصر الإنشائي	الأفعال الداخلية الأكثر تأثيراً	الأفعال الداخلية الأقل تأثيراً
الكمرات	الانعطاف وقوى القص	القوى الناظمية
الإطارات المستوية	الانعطاف والقوى المحورية	قوى القص
الشبكيات (Truss)	القوى المحورية	الانعطاف والقص
العناصر الجدارية	قوى القص	الانعطاف والقوى المحورية
العناصر القوسية المرنة	الانعطاف والقوى المحورية	قوى القص

2 ـ 5 ـ 6 مثال 10 ـ تحليل خزان مرفوع على أعمدة

يطلب تحليل خزان المياه المرفوع على الأعمدة والموضح في الشكل (136)، والمؤلف من بلاطات جدران وأرضية وكمرات محيطية بالأبعاد التالية (تفترض المعطيات الأخرى):

ـ الجدران القصيرة (S20 = 5 x 5 x 0.20 m) تعمل باتجاهين.

ـ الجدران الطويلة (S25 = 9 x 5 x 0.25 m) تعمل باتجاه واحد.

ـ القاعدة (S30 = 4.5 x 5 x 0.30 m) ـ بلاطتان موثوقتان من أطرافهما الأربعة.

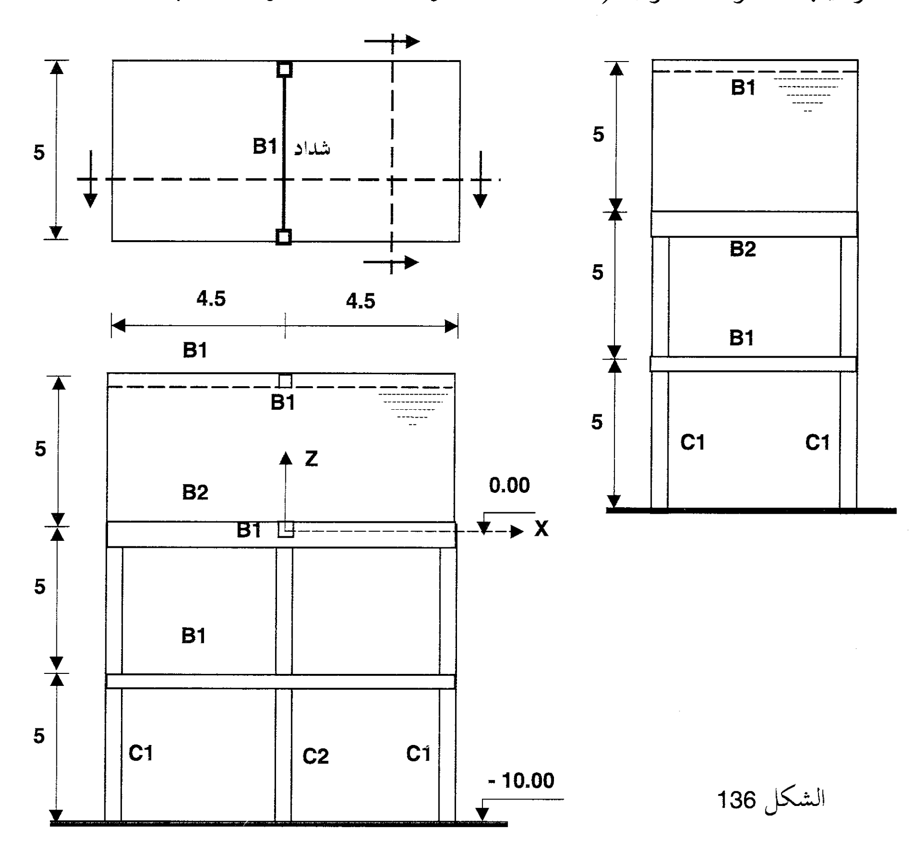
ـ الكمرات المحيطية العلوية والشداد وروابط الأعمدة (B1 = B30X30 = 0.30 x 0.30).

ـ الكمرات المحيطية السفلية (B2 = B30X50 = 0.30 x 0.50).

ـ الأعمدة الزاوية (C1 = C30X30 = 0.30 x 0.30)

ـ الأعمدة الواجهة (C2 = C40X40 = 0.40 x 0.40).

ـ تركيب الحمولة المطلوب COMB1 = 1.2 (Self Weight + Water Weight and Pressure)

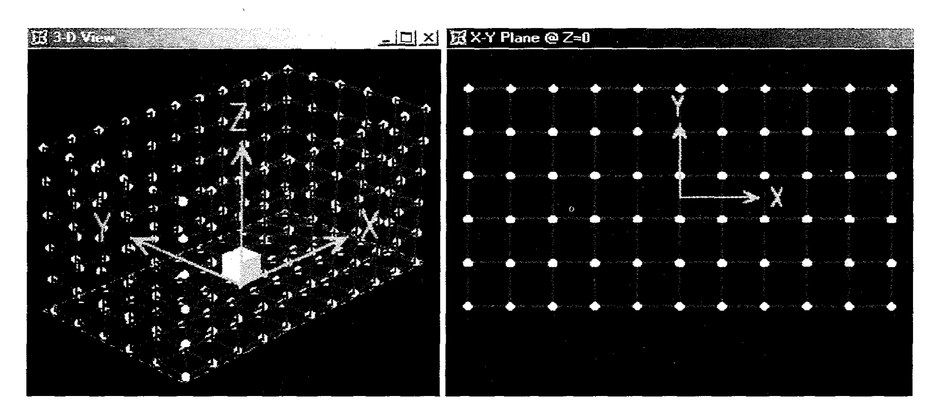


الشكل 136

- **خطوات العمل:**

1 ـ أنشئ جدران الخزان بدون الأعمدة من شرائح (0.90 m) أفقي و (1 m) شاقولي، للحصول على عدد فردي من العقد بحيث يقع صف منها عند الشداد (منسوب ارتفاع القاعدة Z = 0).. (الشكل 137).

2 ـ عرف من قائمة (Define) مقاطع العناصر الإطارية للكمرات والشداد والأعمدة التي سيتم رسمها لاحقا بعد تعيين الحمولات على الجدران... ثم عرف من نفس القائمة المقاطع القشرية للجدران والأرضية بحسب الأسماء المعطاة أعلاه.. الشكل (138).



الشكل 137

Define Frame Sections

Frame Sections
Name
B30X30
B30X50
C30X30
C40X40

Click to:
Import I/Wide Flange
Add I/Wide Flange
Modify/Show Section
Delete Section
OK
Cancel

Define Shell Sections

Shell Sections
S20
S25
S30

Click to:
Add New Section
Modify/Show Section
Delete Section
OK
Cancel

الشكل 138

3 ـ عرف من قائمة (Define) حالة التحميل (نماذج تحميل العقد) من ضغط الماء كما يلي:

Define → Joint Patterns → سم الحالة ولتكن → Add New Pattern → OK

4 ـ اختر كافة عناصر الخزان وعين حالة التحميل من قائمة (Assign) كما يلي مع التذكير بأن

الضغط في البرنامج يعتبر عموديا على الشرائح دوما وأن القيم الموجبة له هي التي تمثل الضغط باتجاه داخل العنصر.

Assign → Joint Patterns →

أدخل البيانات في صندوق الحوار الناتج كما في الشكل (139) ثم اضغط (OK) ... *لاحظ أن القاعدة تتعرض لضغط ثابت قدره* ($5\ T/m^2$).

Pattern Data

1 Pattern Name: P

2 Value = Ax + By + Cz + D

3 Constant A: 0

4 Constant B: 0

5 Constant C: -1

6 Constant D: 5

Options
- (●) Add to existing loads
- ( ) Replace existing loads
- ( ) Delete existing loads

7 ( ) Use all values

8 (●) Zero Negative values

9 ( ) Zero Positive values

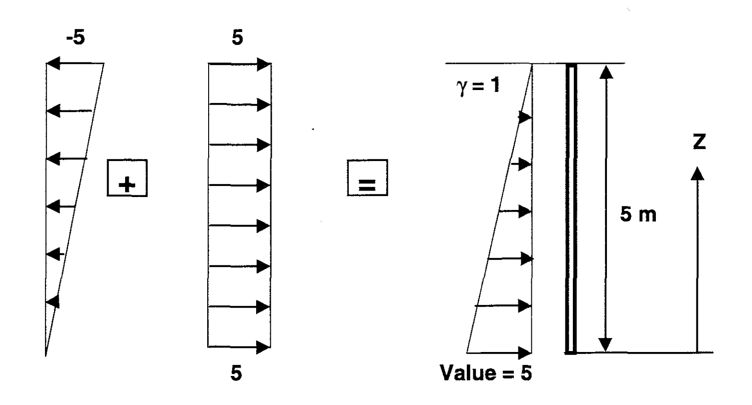
OK

Cancel

الشكل 139

1 ـ اسم النموذج. **2 ـ قيمة الضغط.** 3 ـ ثابت حساب تدرج الضغط علي المحور (X). 4 ـ ثابت حساب تدرج الضغط على المحور (Y) ـثابت تدرج الضغط على المحور (Z) 6 ـ ثابت تدرج الضغط على المحور (Z).

7 ـ استخدام كافة القيم الموجبة والسالبة (**تحت وفوق منسوب الصفر عند وجه الماء**). 8 ـ استخدام القيم الموجبة فقط (**تحت وجه الماء**). 9 ـ استخدام القيم السالبة فقط (**فوق وجه الماء**).



الشكل 140 ـ توزع الضغط على جدران الخزان

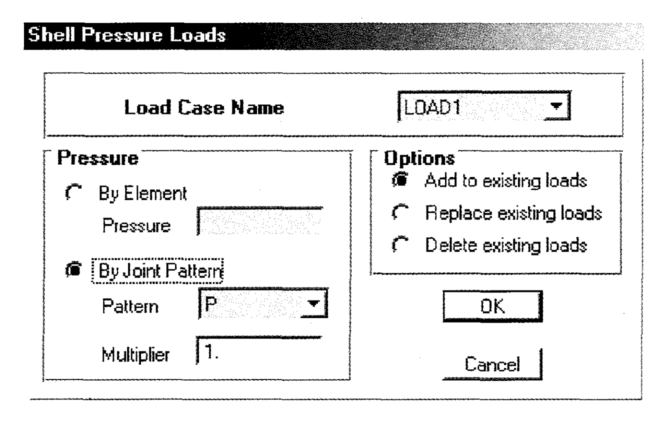
5 ـ أظهر المحاور المحلية للشرائح الجدارية والقاعدة.

6 ـ اختر أي جدار من الخزان

عين أو خصص حمولات الضغط عليه من قائمة (Assign) كما يلي:

Assign → Shell Static Load → Pressure

فعل من صندوق الحوار (140) خيار (By Joint Pattern).



الشكل 140

الخيار (By Element) يكافئ الحمولات الموزعة بانتظام (Uniform Loads)

والقيم (Multiplier) تمثل الوزن النوعي للسائل.

أدخل في صندوق الحوار السابق القيمة (Multiplier = + 1)
إذا كان المحور (3) لشرائح الجدار المختار متجها نحو الخارج.
أو القيمة (Multiplier = - 1)
إذا كان المحور (3) لشرائح الجدار المختار متجها نحو الداخل
اضغط (OK).

7 ـ ارسم الكمرات في قمة وقاع الخزان والشداد ، ثم عين من قائمة (Assign) مقاطعها ومقاطع الجدران المسماة في الشكل (138)، وذلك بعد اختيار كل مجموعة على حده بحسب اسمها، ومع اعتبار نمط الجدران (Type = Shell).

8 ـ أنشئ الأعمدة والروابط المحيطية لها بحيث يبقى منسوب أرضية الخزان (Z = 0).. أي أن مناسيب الأعمدة على المحور (Z) سالبة.

9 ـ عين مقاطع الأعمدة والروابط من قائمة (Assign)

10 ـ عين مساند الأعمدة كوثوقات ليصبح الخزان كما في الشكل (141).

11 ـ اختر نوع التحليل فراغيا من قائمة (Analyze) وحدد الإخراجات المطلوبة من خيار (Generate Output).

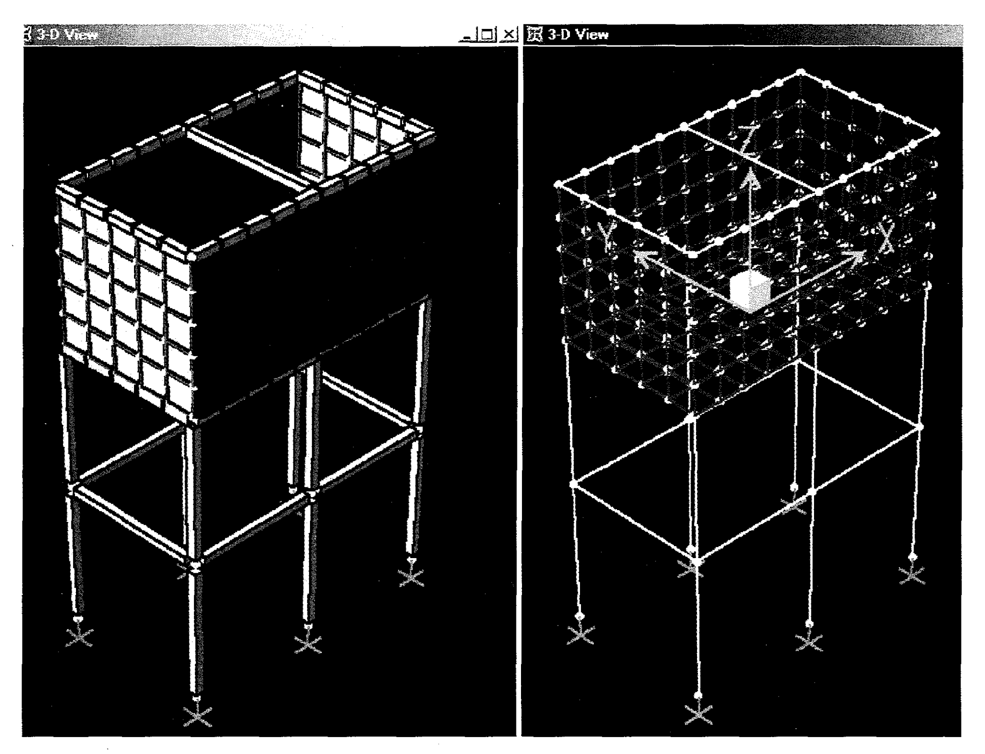
12 ـ ابدأ التحليل بالضغط على مفتاح (F5).

13 ـ استعرض نتائج ردود الأفعال ومخططات القوى المحورية والقص وعزوم الانعطاف في العناصر الإطارية (الكمرات والأعمدة والشداد والروابط) كما في الأمثلة (1 و 3).

14 ـ عدل الواحدات إلى (kg , cm) وأعط أمر التصميم (Start Design / Check Of Structure => Ctrl + F5) من قائمة (Design)، وتأكد من وجود إشارة بجانب أمر (Design Concrete).

تكتب مساحات التسليح الطولي على العناصر الخطية فقط.. *تابع استعراض نتائج التصميم كما في المثال رقم (4).*

15 ـ استعرض نتائج الإجهادات والقوى والعزوم في العناصر القشرية (الجدران والأرضية) كما في المثالين (2 و 3).



الشكل 141

- **ملاحظة حول تصميم جدران وأرضية الخزان**

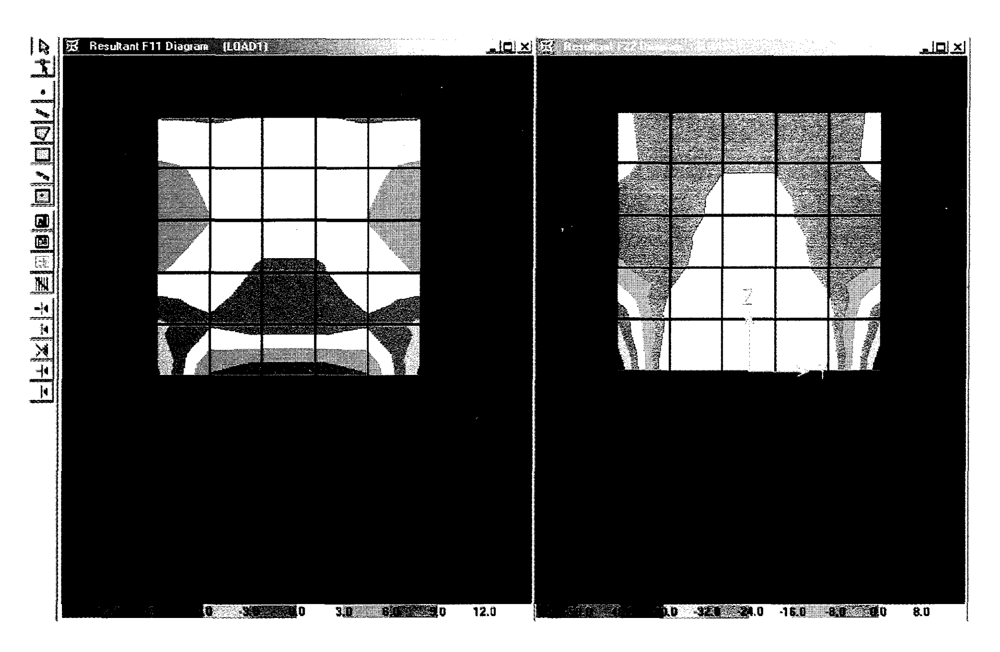
يتم تصميم الجدران الطويلة والقصيرة خارج البرنامج على الشد مع الانعطاف لمقاطع شاقولية ومقاطع أفقية، كما تصمم الأرضية كبلاطتين موثوقتين من كافة الأطراف.. وتبين الصفحات التالية مخططات النتائج المختلفة لجدران وأرضية الخزان.

GROUP JOINT FORCE SUMMATION

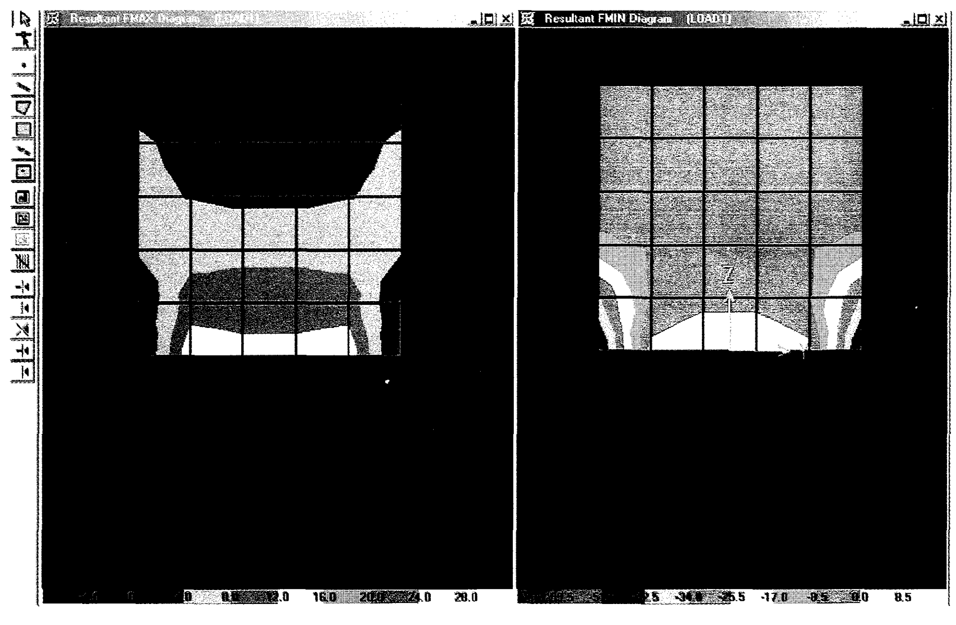
File

GROUP	LOAD	F-X	F-Y	F-Z	M-X	M-Y	M-Z
BASE (Sum at X=5.92119E-16 Y=0 Z=-10)							
	LOAD1	0.000	0.000	376.941	0.000	0.000	0.000

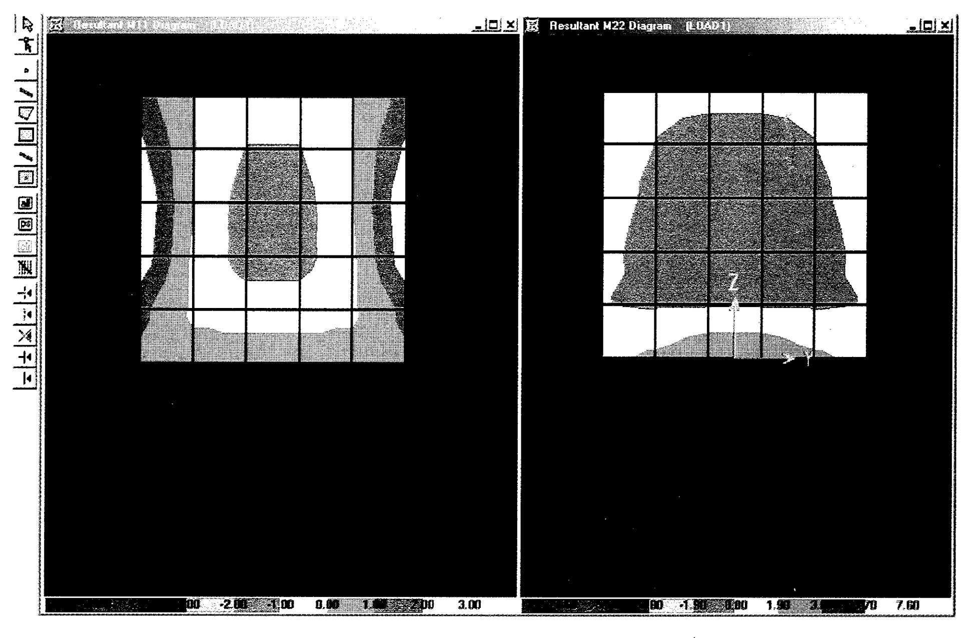
الشكل 141 ـ مجموع ردود الأفعال الكلية لمجموعة القاعدة = وزن الماء + الأوزان الذاتية للعناصر



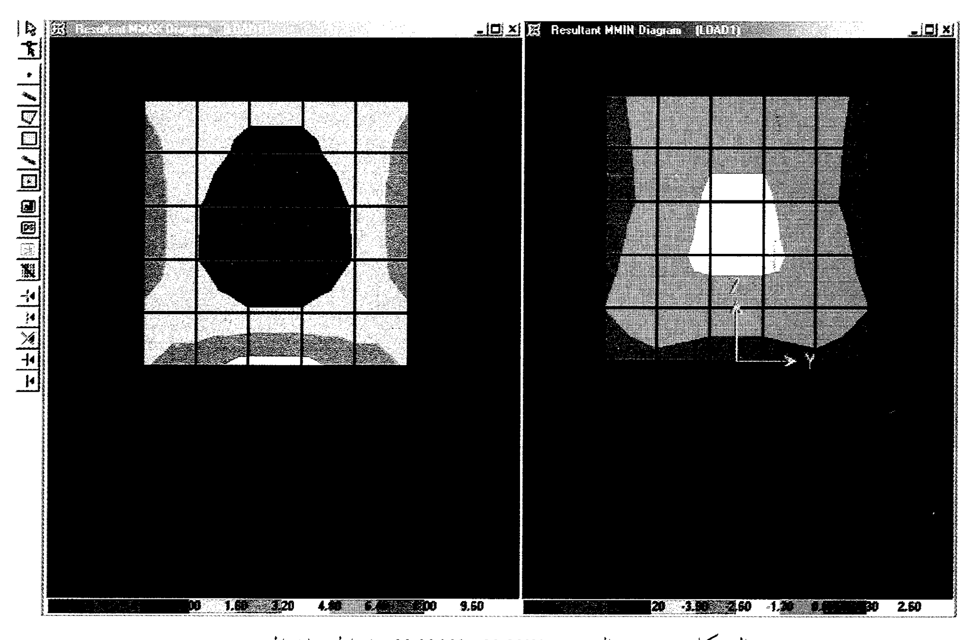
الشكل 142 ـ القوى المستوية (F11 , F22) في الجدران المربعة.



الشكل 143 ـ القوى المستوية (F MAX , F MIN) في الجدران المربعة.



الشكل 144 ـ العزوم (M 11, M 22) في الجدران المربعة.



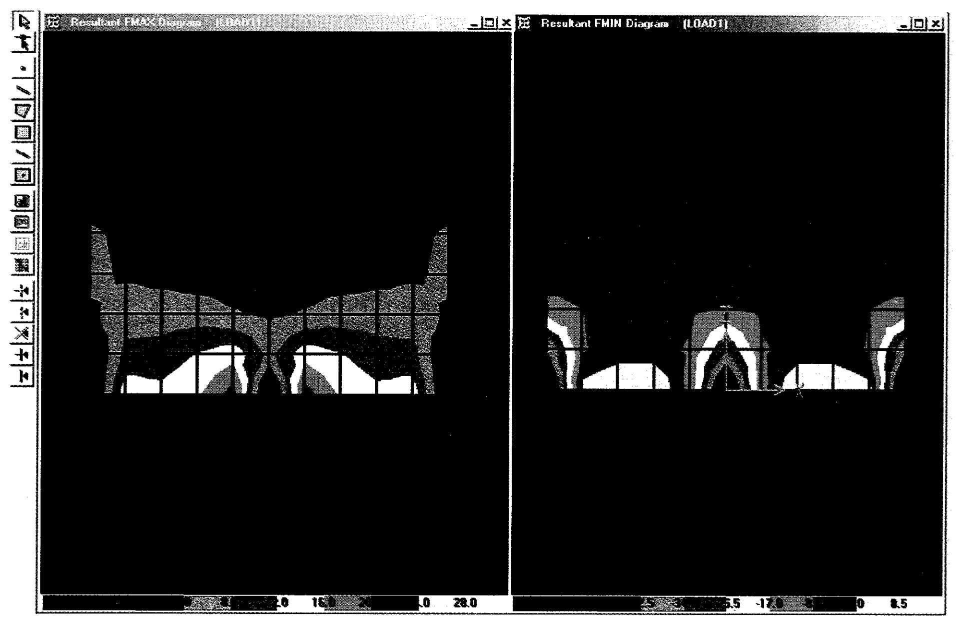
الشكل 145 ـ العزوم (M MAX , M MIN) في الجدران المربعة.



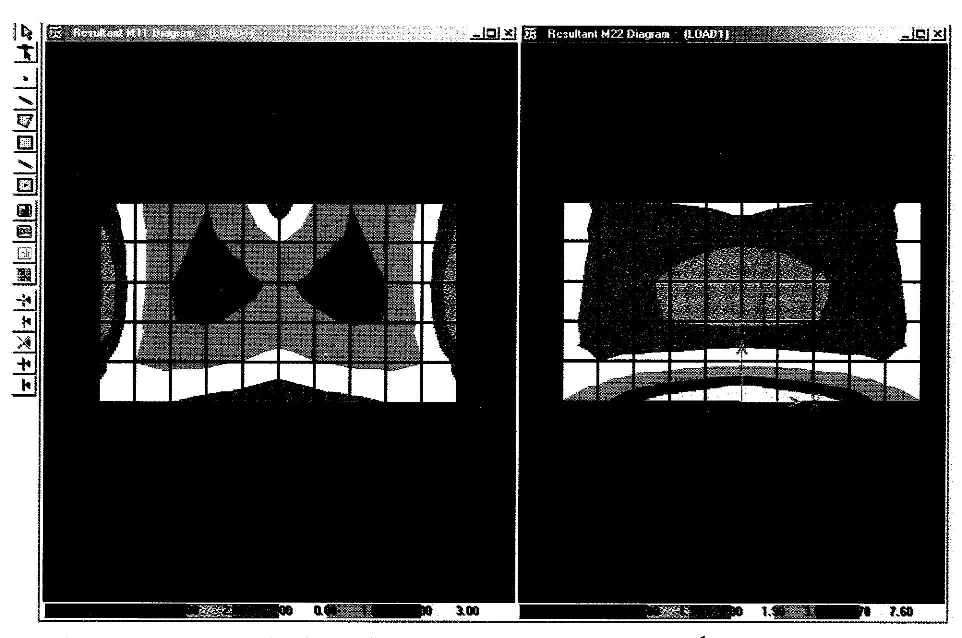
الشكل 146 ـ قوى القص (V 13 , C 23) في الجدران المربعة.



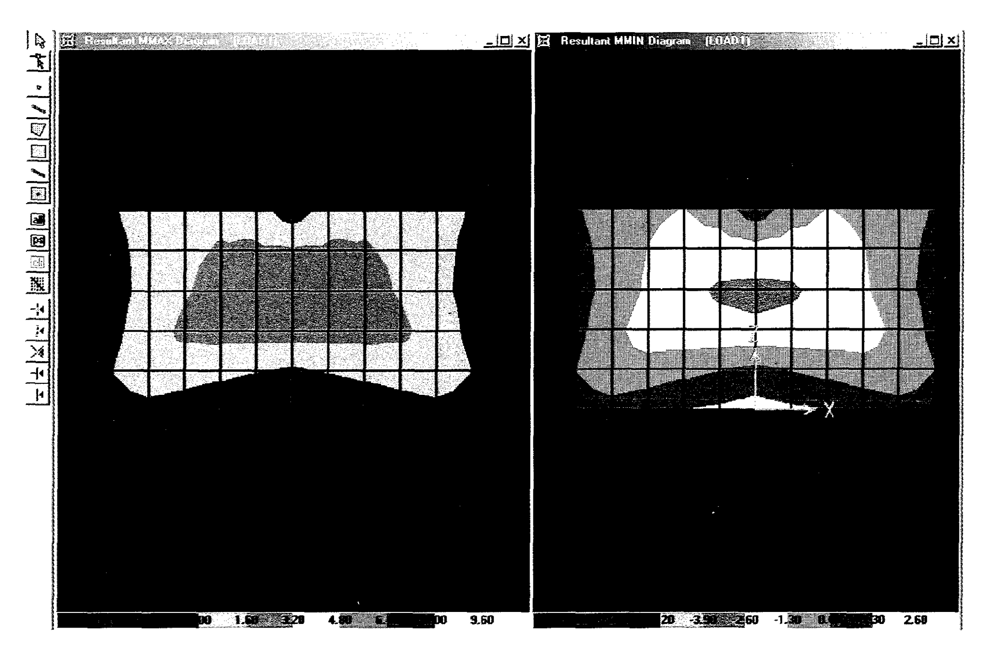
الشكل 147 ـ القوى (F 11, F 22) في الجدران المستطيلة.



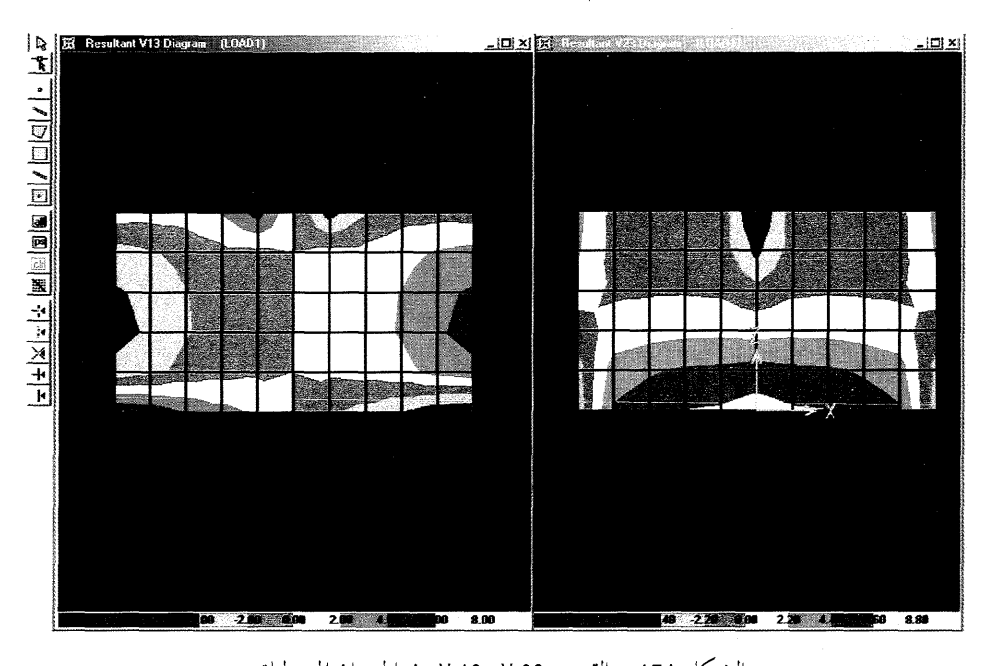
الشكل 148 ـ القوى (F MAX, F MIN) في الجدران المستطيلة.



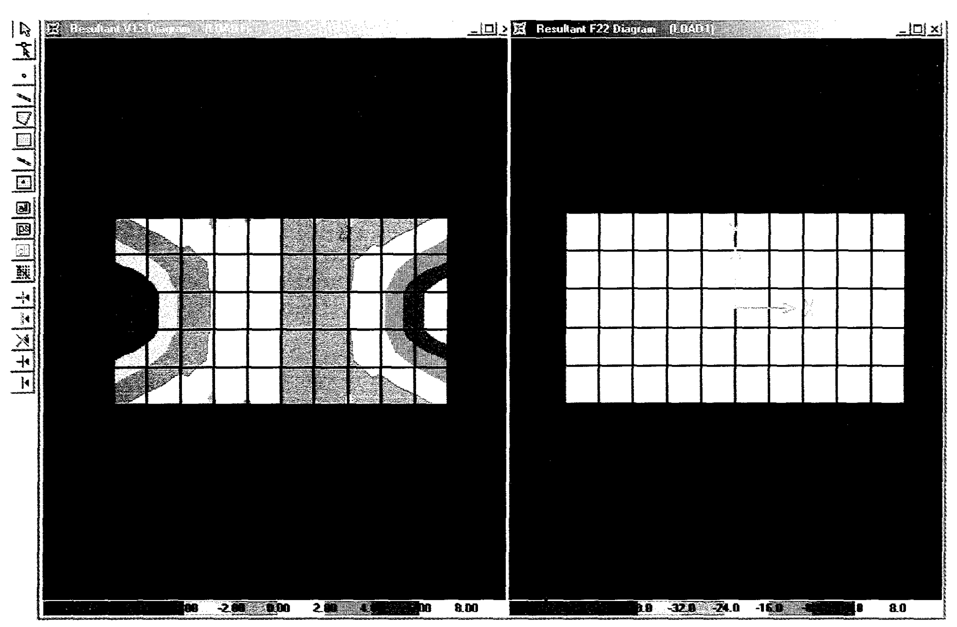
الشكل 149 ـ العزوم (M 11, M 22) في الجدران المستطيلة.



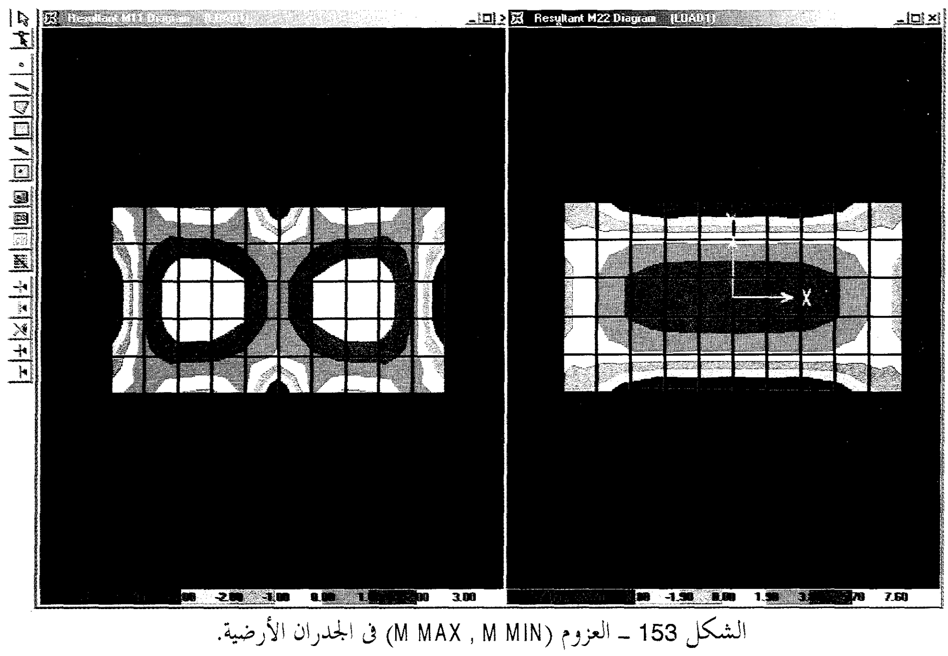
الشكل 150 ـ العزوم (M MAX , M MIN) في الجدران المستطيلة.



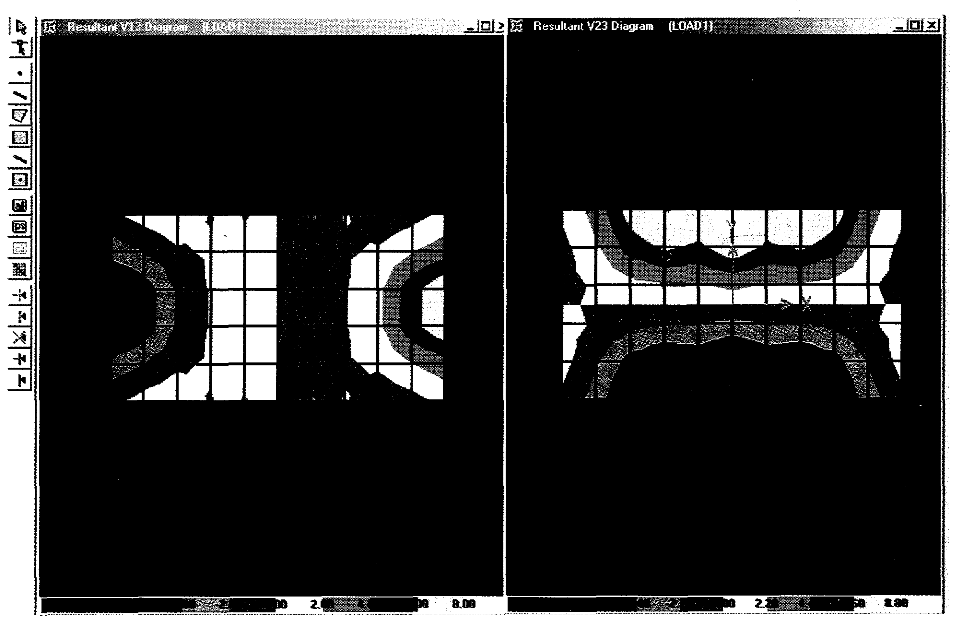
الشكل 151 ـ القوى (V 13 , V 23) في الجدران المستطيلة.



الشكل 152 ـ القوي (F 11, F 22) في الجدران الأرضية.



الشكل 153 ـ العزوم (M MAX , M MIN) في الجدران الأرضية.



الشكل 154 ـ القوى (V 23 , V 13) في الأرضية.

ـ ملاحظات حول تراكيب الحمولات:

1 ـ في حال عدم إدخال تراكيب جديدة من قبل المستثمر، يعتمد البرنامج كما ذكرنا سابقا التراكيب التلقائية للحمولات حسب الكود المختار.

2 ـ يمكن إضافة تراكيب جديدة للحمولات بإحدى الطرق الثلاث التالية:

ـ من خيار (Load Combinations) في قائمة (Define). ويتم ذلك من أمر (Add Default Combinations).

ـ من خيار (Select Design Combinations = Ctrl + F6) في قائمة (Design)، إذا لم يكن هناك أي تركيب معين.

ـ من خيار (Start Design / Check Of Structure) في قائمة (Design) إذا لم يكن هناك أي تركيب معين.

فهرس الفصل 3 ... تحليل وتصميم وتحقيق المنشآت الفولاذية

3. تحليل وتصميم وتحقيق المنشآت الفولاذية

3 ـ 1 كودات التصميم الفولاذي في البرنامج وتراكيب الحمولات فيها

يحتوي البرنامج على شروط ومتطلبات الكودات التصميمية التالية الخاصة بالمنشآت الفولاذية:

1 ـ الكود الأمريكي (AISC 1989) والمترجم بشكل موجز في الملحق (B) والذي يعتمد طريقة الإجهادات المسموحة في التصميم تحت تراكيب الحمولات التالية:

DL
DL + LL
DL ± WL
DL + LL ± WL
DL ± EL
DL + LL ± EL

2 ـ الكود الأمريكي للمنشآت الفولاذية (AISC 1993–AISC LRDF) والمترجم بشكل موجز في الملحق (C) أيضاً، والذي يعتمد في التصميم طريقة معاملات الحمولة والمقاومة تحت تراكيب الحمولات التالية:

1.4 DL
1.2 DL + 1.6 LL
0.9 DL ± 1.3 WL
1.2 DL ± 1.3 WL
1.2 DL + 0.5 LL ± 1.3 WL
0.9 DL ± 1.0 EL
1.2 DL + 1.0 LL
1.2 DL + 0.5 LL ±1.0 EL

3 ـ الكود الكندي للمنشآت الفولاذية (CISC 1994) والذي يعتمد في التصميم طريقة الحد الأقصى تحت تراكيب الحمولات التالية:

1.25 DL
1.25 DL + 1.50 LL
0.85 DL ± 1.50 WL
1.25 DL + 0.7 (1.5 LL ± 1.5 WL)
1.0 DL ± 1.0 EL
1.0 DL + 0.5 (1.5 LL ± 1.0 EL)

4 ـ الكود البريطاني للمنشآت الفولاذية (C LRDF BSI 1990) مع التراكيب التالية:

1.4 DL
1.4 DL + 1.6 LL
1.0 DL ±1.4 WL
1.4 DL ± 1.4 WL
1.4 DL + 1.2 LL ± 1.2 WL
1.0 DL ± 1.4 EL
1.0 DL ± 1.4 EL
1.4 DL + 1.2 LL ± 1.2 EL

5 ـ الكود الأوروبي (CEN 1992).

1.35 DL
1.35 DL + 1.5 LL
1.35 DL ± 1.5 WL
1.0 DL ± 1.5 WL
1.35 DL + 1.35 LL ± 1.35 WL
1.0 DL ± 1.4 EL
1.0 DL ± 1.0 EL
1.4 DL + 1.5 x 0.3LL ± 1.0 EL

ويمكن مراجعة هذه التراكيب من الملف (SAP STEEL) المرفق بدليل البرنامج الإرشادي (Manual).

3 ـ 2 أنماط المقاطع

نذكر بأنماط المقاطع التي وردت في الفقرة (1 ـ 5) من الفصل الأول في الجزء الأول:

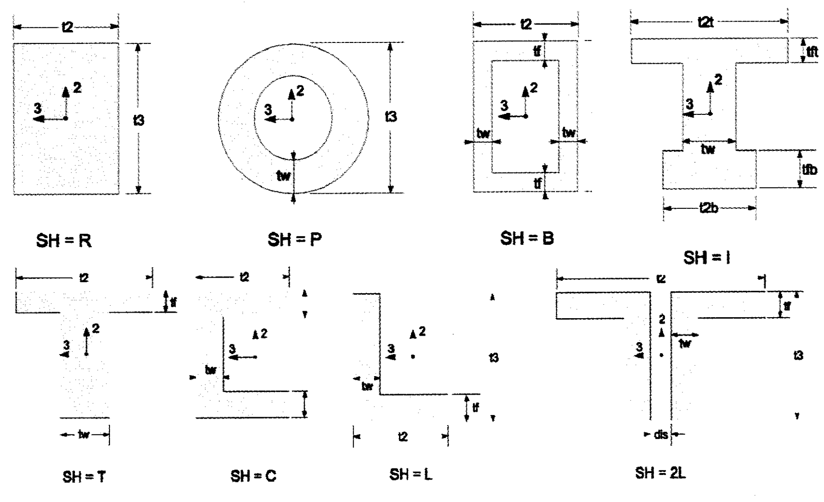
يحتوي البرنامج على مكتبة للمقاطع الجاهزة كالمستطيل والمربع والدائري وغيرها، وتعطى هذه المقاطع الفولاذية المعيارية حسب النظم المعيارية التالية:

- المعهد الأمريكي للمنشآت الفولاذية (AISC. PRO).
- المعهد الكندي للمنشآت الفولاذية (CISC. PRO).
- الموصفات الفولاذية الأوربية (EURO. PRO).
- نسخة عن المواصفات الأمريكية (SECTIONS. PRO).

ويبين الشكلان (155 ـ 156) أسماء وأشكال وخصائص بعض هذه المقاطع (SH = SHAPE).

يقوم البرنامج بحساب الخواص الهندسية (**a , j , i 33 , i 22, a s2** and **a s3**) آلياً للمقاطع المحتواة ضمن مكتبته والتي تسمى بـ (sh = R , P , B , I , C , T, L , 2L).

أما إذا كان المقطع عاماً أي (sh = G general) فينبغي على المستثمر إدخال الخصائص المذكورة. ويمكن الحصول على هذه الخصائص من قاعدة البيانات المرفقة بملف البرنامج.



الشكل 155 ـ بعض المقاطع التي تحسب خصائصها الهندسية تلقائياً.

شكل المقطع	الوصف	المساحة الفعالة للقص
	مقطع مستطيل - قوى القص موازية للاتجاهين (b أو d)	$5/6\, bd$
	مقطع بأجنحة عريضة - قوى القص موازية للأجنحة	$5/3\, t_f\, b_f$
	مقطع بأجنحة عريضة - قوى القص موازية للجذع	$t_w\, d$
	مقطع أنبوبي دائري رقيق الجدار - قوى القص في أي اتجاه	$\pi r t$
	مقطع دائري مصمت - قوى القص في أي اتجاه	$0.9 \pi r^2$
	مقطع أنبوبي مستطيل رقيق الجدار - قوى القص موازية للاتجاه (d)	$2td$
	مقطع عام - قوى القص موازية للاتجاه (Y) حيث (I_x) هو عزم العطالة حول المحور (X) $Q(y) = \int_{y}^{y_t} n\, b(n)\, dn$	$\dfrac{I_x^2}{\int_{y_b}^{y_t} \dfrac{Q^2(y)}{b(y)}\, dy}$

الشكل 156

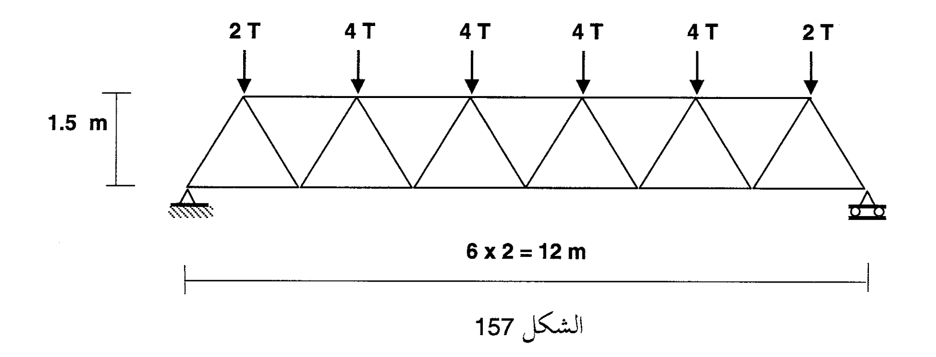
3 ـ 3 التحليل والتصميم الفولاذي من خلال أمثلة تطبيقية

3 ـ 3 ـ 1 مثال 11 ـ 1 ـ تحليل وتصميم شبكي ثنائي الأبعاد

3 ـ 3 ـ 1 ـ 1 حالة اختيار المقاطع من مكتبة البرنامج

يطلب تحليل الشبكي الموضح في الشكل (157) والواقع في المستوي (XZ)، ومن ثم تصميمه وفق أي كود تختاره، على أن تكون المقاطع مختارة من الموصفات الفولاذية الأوربية (EURO. PRO).

ـ يهمل الوزن الذاتي للمنشأ.



الشكل 157

أولا ـ النمذجة

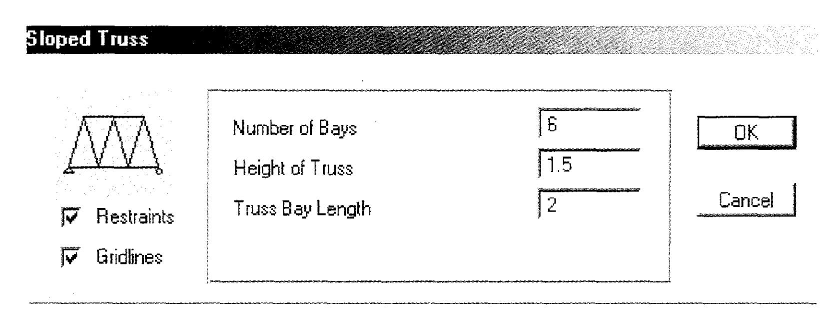
1 ـ بدل الواحدات إلى (Ton . m).

2 ـ ارسم المنشأ من مكتبة العناصر الجاهزة كما يلي:

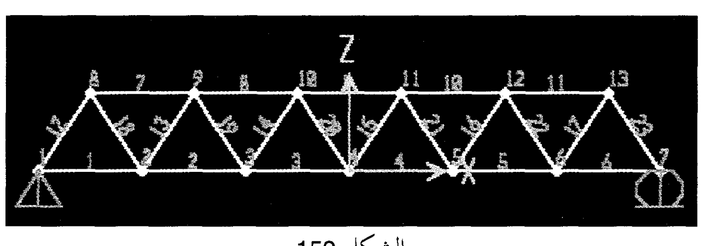
File → New Model → Sloped Truss → (أدخل بيانات الشكل 158) → OK → (الشكل 159)

3 ـ تأكد من أطوال بعض العناصر وإحداثيات بعض العقد التي تختارها بوضع مؤشر الماوس فوق أحد هذه العناصر أو العقد، ثم الضغط على الزر الأيمن.

4 ـ احفظ الملف المفتوح باسم (Truss).



الشكل 158



الشكل 159

- ملاحظة:

ـ يمكن رسم الشكل من خلال شبكة الإحداثيات الديكارتية أو تنظيم الجدول التالي على برنامج (Excel) ثم نسخه ولصقه على برنامج (SAP)، وبعد ذلك الوصل بين العقد بعناصر إطارية.

Type	Name	X	Y	Z
POINT	1	-6	0	0
POINT	2	-4	0	0
POINT	3	-2	0	0
POINT	4	0	0	0
POINT	5	2	0	0
POINT	6	4	0	0
POINT	7	6	0	0
POINT	8	-5	0	1.5
POINT	9	-3	0	1.5
POINT	10	-1	0	1.5
POINT	11	1	0	1.5
POINT	12	3	0	1.5
POINT	13	5	0	1.5

وفي حال عدم الرغبة بالوصل بين العناصر يمكن رسم الشكل السابق كاملا بعد استبدال الجدول السابق على برنامج (**Excel**) بحيث يصبح كما يلي:

TYPE	NAME	X	Y	Z			
POINT	1	-6	0	0			
POINT	2	-4	0	0			
POINT	3	-2	0	0	(I , J) إحداثيات عقد البادية والنهاية		
POINT	4	0	0	0	على التوالي للعناصر الإطارية		
POINT	5	2	0	0			
POINT	6	4	0	0			
POINT	7	6	0	0			
POINT	8	-5	0	1.5	ـ تستخدم الحروف الكبيرة		
POINT	9	-3	0	1.5	لتسمية عناوين الجدول		
POINT	10	-1	0	1.5			
POINT	11	1	0	1.5			
POINT	12	3	0	1.5			
POINT	13	5	0	1.5			
TYPE	NAME	XI	YI	ZI	XJ	YJ	ZJ
LINE	1	-6	0	0	-4	0	0
LINE	2	-4	0	0	-2	0	0
LINE	3	-2	0	0	0	0	0
LINE	4	0	0	0	2	0	0
LINE	5	2	0	0	4	0	0
LINE	6	4	0	0	6	0	0
LINE	7	-5	0	1.5	-3	0	1.5
LINE	8	-3	0	1.5	-1	0	1.5
LINE	9	-1	0	1.5	1	0	1.5
LINE	10	1	0	1.5	3	0	1.5
LINE	11	3	0	1.5	5	0	1.5
LINE	12	-6	0	0	-5	0	1.5
LINE	13	-4	0	0	-3	0	1.5
LINE	14	-2	0	0	-1	0	1.5
LINE	15	0	0	0	1	0	1.5
LINE	16	2	0	0	3	0	1.5
LINE	17	4	0	0	5	0	1.5
LINE	18	-4	0	0	-5	0	1.5
LINE	19	-2	0	0	-3	0	1.5
LINE	20	0	0	0	-1	0	1.5
LINE	21	2	0	0	1	0	1.5
LINE	22	4	0	0	3	0	1.5
LINE	23	6	0	0	5	0	1.5

5 ـ عرِّف المواد من قائمة (Define) كما يلي:

Define → Materials → Steel

(للاطلاع على خصائص الفولاذ اضغط Modify / Show Material) →

(الشكل 160) → OK , Cancel Or Esc Key

Material Property Data

1 **Material Name** — STEEL

2 **Type of Material**: 3 ◉ Isotropic 4 ○ Orthotropic 5 ○ Anisotropic

13 **Type of Design**: Design — Steel

6 **Analysis Property Data**

7	Mass per unit Volume	0.7981
8	Weight per unit Volume	7.8334
9	Modulus of Elasticity	20389019
10	Poisson's Ratio	0.3
11	Coeff of Thermal Expansion	1.170E-05
12	Shear Modulii	7841930.

14 **Design Property Data**

15 Steel yield stress, fy — 25310.507

OK Cancel

الشكل 160

الواحدات الموضحة T m

1ـ اسم المادة **2 ـ نوع المادة.** 3 ـ خصائص المادة موحدة في الاتجاهات الثلاثة. 4 ـ خصائص المادة مختلفة في الاتجاهات الثلاثة وليس هناك تناسق في التشوهات وبالتالي يمكن أن يتأثر السلوك في كل اتجاه بتغير الحرارة بالنسبة للاتجاه الآخر. 5 ـ خصائص المادة مختلفة في الاتجاهات الثلاثة وهي مستقلّة عن اتجاه التّحميل أو عن تغير درجة الحرارة **6 ـ بيانات خصائص التحليل** 7 ـ الكتلة في واحدة الحجم ($m = \gamma / g$). 8 ـ الوزن في واحدة الحجم (γ). 9 ـ معامل المرونة (E). 10 ـ نسبة بواسون (معامل التشكل العرضي). 11 ـ معامل التمدد الحراري. 12 ـ معامل القص $G = E / [(2 (1 + v)]$ **13 ـ نوع التصميم** **14 ـ بيانات خصائص التصميم.**

15 ـ إجهاد السيلان في الفولاذ (f_y).

6 ـ عرف المقاطع من قائمة (Define) كما يلي:

Define → Frame Sections → Import I / Wide Flange →

(SAP 2000n افتح برنامج) → (Euro. pro اختر) Open →

(الشكل 161) →

(2L 60x6/0/ اختر بمساعدة شريط التمرير المقطع) →

OK → (الشكل 162) →

OK → Import I / Wide Flange →

(2L 70x7/0/ اختر بمساعدة شريط التمرير المقطع) →

(الشكل 163) → OK → OK

ـ انظر الملاحظة أدناه.

c:\sap2000n\euro.pro

Section Type: Double Angle

Section Labels

2L15X3/0/
2L15X3/6/
2L15X3/8/
2L15X3/10/
2L15X3/12/
2L15X3/15/
2L15X3/20/
2L15X3/25/
2L15X3/30/
2L15X3/40/
2L15X3/50/
2L20X3/0/
2L20X3/6/
2L20X3/8/
2L20X3/10/
2L20X3/12/
2L20X3/15/
2L20X3/20/

OK Cancel

الشكل 161
الزوايا المضاعفة حسب المواصفات الأوربية

Double Angle Section

Section Name 2L60X6/0/

Extract Data from Section Property File

Open File c:\sap2000n\euro.pro Import

Properties

Section Properties Modification Factors

Material STEEL

Dimensions

Outside depth (t3) 0.06

Outside width (t2) 0.12

Horizontal leg thickness (tf) 6.000E-03

Vertical leg thickness (tw) 6.000E-03

Back to back distance (dis) 0.

OK

الشكل 162

Double Angle Section

Section Name 2L70X7/0/

Extract Data from Section Property File

Open File c:\sap2000n\euro.pro Import

Properties

Section Properties Modification Factors

Material STEEL

Dimensions

Outside depth (t3) 0.07

Outside width (t2) 0.14

Horizontal leg thickness (tf) 7.000E-03

Vertical leg thickness (tw) 7.000E-03

Back to back distance (dis) 0.

OK

الشكل 163

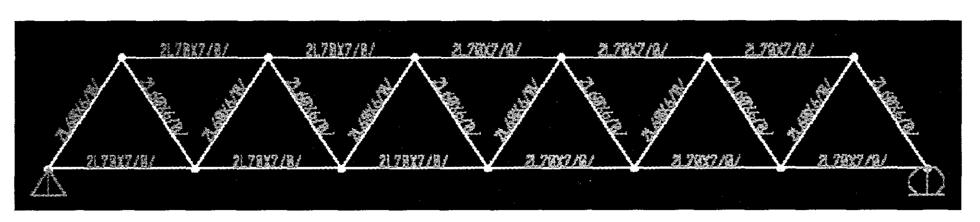
ملاحظة: يمكن في الشكل (161) اختيار عدة مقاطع من عدة سطور مبعثرة بوقت واحد باستعمال مفتاح (Ctrl). أو من سطور متتالية باستعمال مفتاح (Shift).

7 ـ اختر حالة التحميل من قائمة (Define):

Define → Frame Static Load →

Load = Load1, Type = Other, Self Weight Multiplier = 0 → OK

8 ـ اختر كافة العناصر المائلة للشبكي ثم عين من قائمة (Assign) المقطع (/2L 60x6/0). وكرر ذلك على العنصرين الأفقيين العلوي والسفلي للشبكي لتعيين المقطع (/2L 70x7/0) لكي يصبح الشبكي كما في الشكل (164).



الشكل 162

9 ـ اختر نوع التحليل:

Analyze → Set Options → XZ Plane → OK

ـ ضع إشارة تحقق بجانب (Generate Output).

ـ اضغط زر (Select Output Options) وحدد كافة خيارات النتائج من أجل حالة التحميل المطلوبة، ثم اضغط (OK).

10 ـ اختر كود التصميم، وليكن الكود الأمريكي (AISC - LRFD93). وذلك كما ورد في الفقرة (2 ـ 2 ـ 7) من الفصل الثاني.

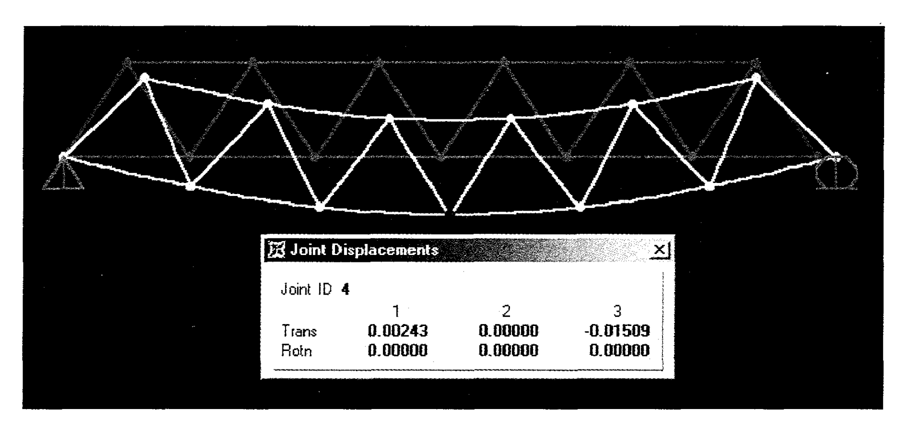
11 ـ ابدأ التحليل بالضغط على مفتاح (F5).

12 ـ تأكد من اكتمال التحليل بظهور رسالة (Analysis Complete) دون أخطاء (Errors) أو تحذيرات (Warnings) عن طريق الشريط التمرير.

ثانياً ـ نتائج التحليل

1 ـ عاين على الشكل المشوه للمنشأ قيمة السهم الأعظمي للعقدة الوسطية من العنصر الأفقي

السفلي.. (الشكل 163).



الشكل 163

2 ـ عاين ردود الأفعال على المنشأ.

3 ـ عاين مخطط القوى المحورية على المنشأ.. استخدم من أجل ذلك أوامر القوائم كما يلي:

Display → Show Element Forces / Stress → Frames

حدد في صندوق الحوار الناتج الحمولة (Load 1) وضع إشارة ◉ بجانب خَيار (Axial Force)، ثم اضغط (OK) لتحصل على المخطط المطلوب.

ضع مؤشر الماوس فوق أي عنصر واضغط الزر الأيمن لمعاينة مخطط القوى المحورية.

4 ـ عاين بنفس الطريقة السابقة مخططات عزم الانعطاف (Moment 33) وقوى القص (Shear 22).

5 ـ لإلغاء تأثير العزم والقص والفتل قم بتحرير (Release) أطراف العناصر (البدايات والنهايات.. ويكفي هنا البدايات فقط لإلغاء الجهود المذكورة) كما يلي، باعتبار أن المنشآت الشبكية لا تجهد عادةً بهذه الأفعال الداخلية.

Select All = Ctrl + A → Assign → Frames → Release → (الشكل 164)

Frame Releases

Frame Releases

	Start	End
Axial Load	☐	☐
Shear Force 2 (Major)	☑	☐
Shear Force 3 (Minor)	☑	☐
Torsion	☑	☐
Moment 22 (Minor)	☑	☐
Moment 33 (Major)	☑	☐

☐ No Releases

OK Cancel

الشكل 164

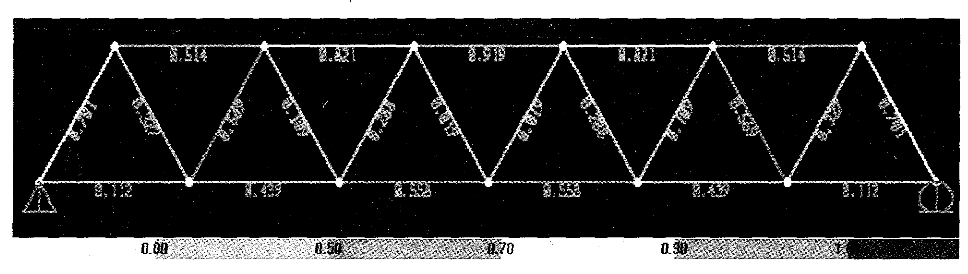
6 ـ أعد تنفيذ البندين (3 و 4) لتلاحظ عدم وجود عزوم أو قوى قاصة.

ثالثاً ـ التصميم والتحقيق

1 ـ قم بإلغاء عملية التحرير (Release) المذكورة في البند (5) السابق بحيث يتحمل المنشأ عزوماً وقوى قاصة. ويتم ذلك من إزالة الإشارة التي تظهر بعد تنفيذ الأمر المذكورة بجانب الخيار (No Release) في الشكل (164).

2 ـ تأكد من وجود إشارة بجانب أمر (Steel Design) في قائمة (Design)، ثم أعطِ أمر التصميم والتحقيق مع الكود (Start Design / Check Of Structure = Ctrl + F5).

وهنا يقوم البرنامج بحساب معاملات التحمل (كنسبة من الإجهادات المطبقة إلى إجهادات التحمل) لكل عنصر من المنشأ وتظهر هذه المعاملات على العناصر كما في الشكل (165) كما يظهر شريط ملون في أسفل النافذة المفعلة يبين حدود قيم هذه المعاملات.



الشكل 165

3 ـ ضع مؤشر الماوس فوق العنصر الوسطي العلوي (رقم 9) واضغط الزر الأيمن لتحصل على النافذة الموضحة في الشكل (166) (Steel Stress Check Information) والتي تبين معلومات حول التحقق من الإجهادات في هذا العنصر.

Steel Stress Check Information

Frame ID 9
Section ID 2L70X7/0/

Details ReDesign

COMBO ID	STATION LOC	/----MOMENT INTERACTION CHECK-----/ RATIO = AXL + B-MAJ + B-MIN	/-MAJ-SHR--- RATIO	-MIN-SHR-/ RATIO
COMB1	0.00	0.919(C) = 0.894 + 0.025 + 0.000	0.000	0.000
COMB1	0.50	0.919(C) = 0.894 + 0.025 + 0.000	0.000	0.000
COMB1	1.00	0.919(C) = 0.894 + 0.025 + 0.000	0.000	0.000
COMB1	1.50	0.919(C) = 0.894 + 0.025 + 0.000	0.000	0.000
COMB1	2.00	0.919(C) = 0.894 + 0.025 + 0.000	0.000	0.000

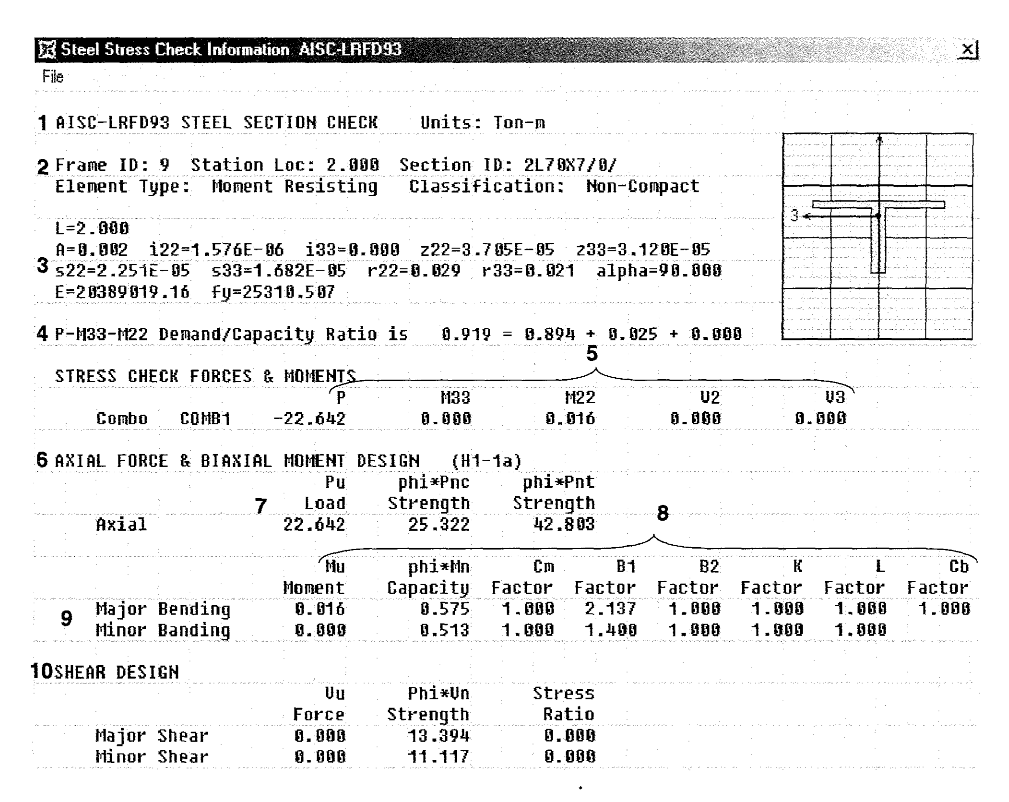
OK Cancel

الشكل 166

1 ـ العمود الأول (COMBO ID) ـ رقم تركيب الحمولة.
2 ـ العمود الثاني (STATION LOC) ـ رقم المحطة أو المقطع التي تظهر عنده النتائج (**يكفي مقطع واحد للعناصر الشبكية**).
3 ـ العمود الثالث (M. RATIO) ـ معامل التحمل كنسبة مئوية .. (C) ضغط و (T) شد.
4 ـ العمود الرابع (AXL) ـ نسبة تحمل الإجهادات المحورية.
5 ـ العمود الخامس (B- MAJ) ـ نسبة تحمل إجهادات الانحناء حول المحور الرئيسي.
6 ـ العمود الخامس (B- MIN) ـ نسبة تحمل إجهادات الانحناء حول المحور الثانوي.
7 ـ العمود الخامس (MAJ- SHR) ـ نسبة تحمل إجهادات القص حول المحور الرئيسي.
8 ـ العمود الخامس (MIN- SHR) ـ نسبة تحمل إجهادات القص حول المحور الثانوي.

4 ـ اضغط في النافذة السابقة الخيار (Details ـ تفصيلات) لتحصل على النافذة (167).

5 ـ اضغط في النافذة السابقة الخيار (Redesign ـ إعادة التصميم) لتحصل على النافذة (168).. وبغية تعديل التصميم يمكن إدخال قيم جديدة للبيانات المشروحة على الشكل المذكور وذلك من أجل العنصر المدروس (9).


Steel Stress Check Information AISC-LRFD93

File

1 AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK Units: Ton-m

2 Frame ID: 9 Station Loc: 2.000 Section ID: 2L70X7/0/
Element Type: Moment Resisting Classification: Non-Compact

L=2.000
A=0.002 i22=1.576E-06 i33=0.000 z22=3.705E-05 z33=3.120E-05
3 s22=2.251E-05 s33=1.682E-05 r22=0.029 r33=0.021 alpha=90.000
E=20389019.16 Fy=25310.507

4 P-M33-M22 Demand/Capacity Ratio is 0.919 = 0.894 + 0.025 + 0.000

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS 5

		P	M33	M22	V2	V3
Combo	COMB1	-22.642	0.000	0.016	0.000	0.000

6 AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

	Pu Load 7	phi*Pnc Strength	phi*Pnt Strength 8
Axial	22.642	25.322	42.803

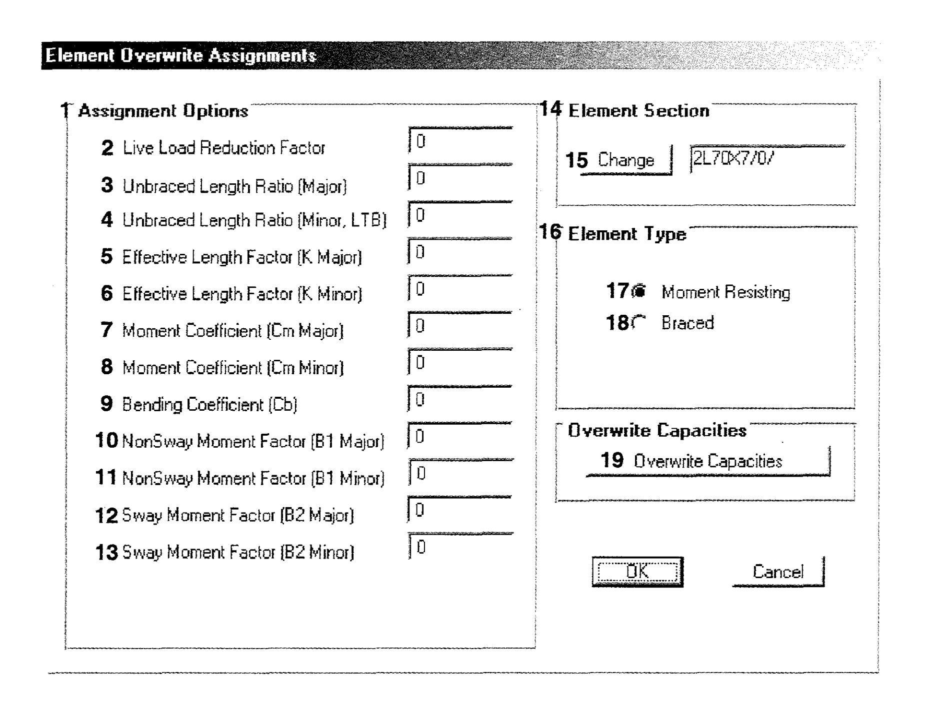
9	Mu Moment	phi*Mn Capacity	Cm Factor	B1 Factor	B2 Factor	K Factor	L Factor	Cb Factor
Major Bending	0.016	0.575	1.000	2.137	1.000	1.000	1.000	1.000
Minor Banding	0.000	0.513	1.000	1.400	1.000	1.000	1.000	

10 SHEAR DESIGN

	Vu Force	Phi*Vn Strength	Stress Ratio
Major Shear	0.000	13.394	0.000
Minor Shear	0.000	11.117	0.000

الشكل 167

1 ـ اسم الكود الذي يتم تحقيق المقاطع عليه. 2 ـ رقم العنصر والمحطة ونوع المقطع ومعلومات أخرى. 3 ـ الخصائص الهندسية للمقطع وخصائص المادة (الفولاذ). 4 ـ نسبة الأفعال الداخلية المطبقة من الحمولة المحورية والعزوم باتجاهين إلى قدرة التحمل. 5 ـ القوى المحورية وقوى القص المطبقة باتجاهين والعزوم المطبقة باتجاهين لتركيب الحمولة المستخدم 6 ـ التصميم على الحمولة المحورية والانعطاف ثنائي المحور. 7 ـ الحمولة المحورية المصعدة وقدرة التحمل على الشد والضغط. 8 ـ العزم المصعد التصميمي (Mu) وتحمل المقطع الاسمي ومعامل العزم (Cm) ومعامل تصعيد العزوم التي لا تسبب انزياحاً جانبياً (B1) ومعاملات أخرى مشروحة في بداية الملحق (C). 9 ـ القيم السابقة حول المحورين الرئيسي والثانوي. 10 ـ تصميم القص حول المحورين الرئيسي والثانوي (انظر ملف التصميم أدناه).



الشكل 168 ـ متحولات التصميم حسب الكود المعتمد

1 ـ خيارات التعديل. 2 ـ معامل تصعيد الحمولة الحية. 3 ـ نسبة الطول غير المقوى المقوى (المربوط أو الممسوك) إلى الطول الكلي في الاتجاه الرئيسي. 4 ـ نسبة الطول غير المقوى في الاتجاه الثانوي (انظر المثال 13). 5 ـ معامل الطول الفعال في الاتجاه الرئيسي. 6 ـ معامل الطول الفعال في الاتجاه الثانوي. 7 ـ معامل العزم في الاتجاه الرئيسي. 8 ـ معامل العزم في الاتجاه الثانوي. 9 ـ معامل الانحناء. 10 ـ معامل تصعيد العزوم التي لا تسبب انزياحاً جانبياً في الاتجاه الرئيسي. 11 ـ معامل تصعيد العزوم التي لا تسبب انزياحا جانبيا في الاتجاه الثانوي. 12 ـ معامل تصعيد العزوم التي تسبب انزياحا جانبيا في الاتجاه الرئيسي. 13 ـ معامل تصعيد العزوم التي تسبب انزياحا جانبيا في الاتجاه الثانوي. **14 ـ مقطع العنصر.** 15 ـ تغيير مقطع العنصر. **16 ـ نمط العنصر.** 17 ـ مقاوم للعزوم. 18 ـ مقوى جانبيا. 19 ـ تغير المقاومات وقدرات التحمل (استعرض هذا الخيار مع الاطلاع على الملحق C).

- **ملاحظات هامة حول تصميم العناصر الفولاذية:**

1 ـ يجب ألا تزيد قيم معاملات التحمل الظاهرة على العناصر في الشكل (165) عن (1).. ويعتبر العنصر ذي المعامل القريب من (1) اقتصاديا، كما يعتبر العنصر ذي المعامل القريب من (0) غير اقتصادي.

2 ـ إذا تم اختيار بعض من عناصر المنشأ فقط بشكل متفرق قبل إعطاء أمر التصميم والتحقيق مع الكود المعتمد، فسيتم عرض نتائج تصميم وتحقيق هذه العناصر فقط.

3 ـ تستند نتائج التصميم عادة إلى تراكيب الحمولات. وباعتبار أننا لم نعين أي تركيب فسيقتصر التصميم على تركيب واحد مكون من حالة التحميل المختارة.

4 ـ يصعد الكود الأمريكي (AISC - LRFD93) المعتمد الإجهادات المسموحة بنسبة (33%) عند تضمين التراكيب حمولات الزلازل أو الرياح في تراكيب الحمولات المعتمدة.. (المثال 13).

ويمكن من أجل تخفيض مساهمة الحمولات الحية المصعدة في تراكيب الحمولات استخدام معاملات خفض هذه الحمولات حصرا بطريقة العنصر ـ عنصر. (انظر الشكل السابق وكذلك الملحق C).

5 ـ يتم حساب الإجهادات الفعلية في البرنامج في كل محطة أو مقطع مختار وتحت كل تركيب للحمولات كما يلي (انظر الشكل 156):

$$f_a = P / A$$

$$f_{b33} = M_{33} / S_{33}$$

$$f_{b22} = M_{22} / S_{22}$$

$$f_{v2} = V_2 / A_{v2}$$

$$f_{v2} = V_3 / A_{v3}$$

أما الإجهادات المسموحة لحالات الضغط والشد والانعطاف والقص فيتم حسابها كما هو موضح في الصفحة (47 / 133) من الملف المساعد (SAP Steel)، في الدليل الإرشادي (Manual) المرفق مع البرنامج. علاوة على ما هو مذكور في الكود المعتمد في الملحق (C).

3 ـ 3 ـ 1 ـ 2 طباعه ملفات الإدخال والتحليل والتصميم من أجل إعداد المذكره

أولاً ـ ملف الإدخال

1 ـ افتح ملف الإدخال كما ورد في الفقره (1 ـ 4 ـ 4 ـ 5) من الفصل الأول ضمن وثيقه من وثائق برنامج (Word Pad) أو (M. S. Word) ونحتاج في الحاله الأخيره لبعض التنسيقات.

2 ـ يمكن اختيار أى من المعلومات التاليه التي يحتويها الملف المذكور، بغيه طباعه المذكور الحسابيه للمنشأ.

نموذج محتويات ملف الإدخال

SAP2000 v7.21 File: TRUSS — اسم البرنامج ورقم الإصدار واسم الملف

Ton-m Units PAGE 1 — والواحدات ورقم الصفحه

	التاريخ والوقت
STATIC LOAD CASES	حاله التحميل الستاتيكى
STATIC CASE SELF WT	الوزن الذاتي
CASE TYPE FACTOR	حاله التحميل النمط أو النوع المعامل
LOAD1 OTHER 0.0000	
JOINT DATA	بيانات العقد

العقده	الإحداثيات			التقييد (المساند)	دوران المحاور المحليه		
JOINT	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	RESTRAINTS	ANGLE-A	ANGLE-B	ANGLE-C
1	-6.00000	0.00000	0.00000	111101	0.000	0.000	0.000
2	-4.00000	0.00000	0.00000	000000	0.000	0.000	0.000
3	-2.00000	0.00000	0.00000	000000	0.000	0.000	0.000

FRAME ELEMENT DATA — بيانات العناصر الإطاريه

العنصر	عقده البدايه	عقده النهايه	المقطع	زاويه الدوران	التحريرات	المحطات	R1	R2	المعامل	الطول
Frame	Jnt-1	Jnt-2	Section	Angle	Releases	Segments	R1	R2	Factor	Length
1	1	2	2L70X7/0	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000
2	2	3	2L70X7/0	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	2.000

MATERIAL PROPERTY DATA بيانات خواص المواد

الماده	معامل المرونه	نسبه بواسون	معامل التمدد الحرارى	الوزن الحجمى	الكتله الحجميه
MAT LABEL	MODULUS OF ELASTICITY	POISSON'S RATIO	THERMAL COEFF	WEIGHT PER UNIT VOL	MASS PER UNIT VOL
STEEL	20389019.2	0.300	1.170E-05	7.833	0.798

FRAME SECTION PROPERTY DATA بيانات خواص المقاطع الإطاريه

اسم المقطع	اسم الماده	نوع المقطع	العمق	عرض الجناح العلوى	سماكه الجناح العلوى	سماكه الجذع	عرض الجناح السفلى	سماكه الجناح السفلى
SECTION LABEL	MAT LABEL	SECTION TYPE	DEPTH	FLANGE WIDTH TOP	FLANGE THICK TOP	WEB THICK	FLANGE WIDTH BOTTOM	FLANGE THICK BOTTOM
2L60X6/0	STEEL	2L60X6/0	6.0E-02	0.120	6.0E-03	6.0E-03	0.000	0.000
2L70X7/0	STEEL	2L70X7/0	7.0E-02	0.140	7.0E-03	7.0E-03	0.000	0.000

اسم المقطع	المساحه	عطاله الفتل	عزم العطاله		مساحه القص	
SECTION LABEL	Aria	TORSIONAL INERTIA	MOMENTS OF INERTIA		SHEAR AREAS	
			I 33	I 22	A 2	A 3
2L60X6/0	1.382E-03	0.000	0.000	0.000	7.200E-04	5.976E-04
2L70X7/0	1.879E-03	0.000	0.000	1.576E-06	9.800E-04	8.134E-04

اسم المقطع	معامل المقطع الستاتيكى		معامل لدونه المقطع		نصف قطر الدوران	
SECTION LABEL	SECTION MODUL II		PLASTIC MODUL II		RADII OF GYRATION	
	S 33	S22	Z 33	Z 22	R 33	R 22
2L60X6/0	1.057E-05	1.415E-05	1.965E-05	2.332E-05	1.816E-02	2.479E-02
2L70X7/0	1.682E-05	2.251E-05	3.120E-05	3.705E-05	2.122E-02	2.896E-02

اسم المقطع	الوزن الإجمالى	الكتله الإجماليه
SECTION LABEL	TOTAL WEIGHT	TOTAL MASS
2L60X6/0	0.234	2.386E-02
2L70X7/0	0.324	3.299E-02

JOINT FORCES- Load Case LOAD1 القوي العقديه من حاله التحميل 1

العقده	باتجاه وحول المحاور المحليه					
Joint	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	GLOBAL-XX	GLOBAL-YY	GLOBAL-ZZ
8	0.000	0.000	- 2.000	0.000	0.000	0.000

ثانياً ـ ملف الإخراج

1 ـ اختر من قائمه (File) الأمر (Print Output Tables = Ctrl + B) لتحصل علي صندوق حوار مشابه للشكل (27) من الفصل الأول. وحدد خيارات الإخراج المطلوبه ثم احفظ هذا الملف.

2 ـ يمكن اختيار أى من المعلومات التاليه التي يحتويها الملف المذكور، بغيه طباعه المذكور الحسابيه للمنشأ.

نموذج محتويات ملف الإخراج

SAP2000 v7.21 File: TRUSS اسم البرنامج ورقم الإصدار واسم الملف

Ton-m Units PAGE 1 والواحدات ورقم الصفحه

التاريخ والوقت

JOINT DISPLACEMENTS انتقالات العقد

العقده	الحموله	الانتقالات			الدورانات		
JOINT	LOAD	U 1	U 2	U 3	R 1	R 2	R 3
1	Minima	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	3.858E-03	0.0000
		Load 1	Load 1	Load 1	Load 1	Load 1	Load 1
1	Maxima	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	3.858E-03	0.0000
		Load 1	Load 1	Load 1	Load 1	Load 1	Load 1
2	Minima	3.480E-04	0.0000	-7.686E-03	0.0000	3.264E-03	0.0000
		Load 1	Load 1	Load 1	Load 1	Load 1	Load 1
2	Maxima	3.480E-04	0.0000	-7.686E-03	0.0000	3.264E-03	0.0000
		Load 1	Load 1	Load 1	Load 1	Load 1	Load 1
3							
3							

JOINT REACTIONS ردود الأفعال فى العقد

العقده	الحموله	القوي باتجاه المحاور المحليه			العزوم حول المحاور المحليه		
JOINT	LOAD	F 1	F 2	F 3	M 1	M 2	M 3
1	Minima	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	3.858E-03	0.0000
		Load 1	Load 1	Load 1	Load 1	Load 1	Load 1
1	Maxima	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	3.858E-03	0.0000
		Load 1	Load 1	Load 1	Load 1	Load 1	Load 1

FRAME ELEMENT FORCE القوي فى العناصر الإطاريه

العنصر	الحموله	المحطه	القوه المحوريه	قوي القص		عزم الفتل	عزوم الانعطاف	
FRAME	LOAD	LOC	P	V 2	V 3	T	M 2	M 3
1	Minima		6.67	-1.448E-02	0.00	0.00	0.00	-9.355E-03
			Load 1	Load 1	Load 1	Load 1	Load 1	Load 1
1	Maxima		6.67	-1.448E-02	0.00	0.00	0.00	-9.355E-03
			Load 1	Load 1	Load 1	Load 1	Load 1	Load 1
2	Minima		17.31	-9.881E-03	0.00	0.00	0.00	2.614E-03
			Load 1	Load 1	Load 1	Load 1	Load 1	Load 1
2	Maxima		17.31	-9.881E-03	0.00	0.00	0.00	2.614E-03
			Load 1	Load 1	Load 1	Load 1	Load 1	Load 1
3								
3								

ثالثاً ـ ملف التصميم والتحقيق

يحتوى ملف التصميم علي نماذج البيانات التاليه:

نموذج محتويات ملف التصميم

SAP2000 v7.21 File: TRUSS اسم البرنامج ورقم الإصدار واسم الملف

Ton-m Units PAGE 1 والواحدات ورقم الصفحه

التاريخ والوقت

MATERIAL PROPERTY DATA بيانات خواص المواد

الماده	معامل المرونه	نسبه بواسون	معامل التمدد الحرارى	الوزن الحجمى	الكتله الحجميه
MAT LABEL	MODULUS OF ELASTICITY	POISSON'S RATIO	THERMAL COEFF	WEIGHT PER UNIT VOL	MASS PER UNIT VOL
STEEL	20389019.2	0.300	1.170E-05	7.833	0.798

MATERIAL DESIGN DATA بيانات تصميم المواد

الماده	كود التصميم	بيانات متعلقه بالمواد الأخري فى حال وجودها
MAT. LABEL	DESIGN COD	
STEEL	S 25310 . 507	

FRAME SECTION PROPERTY DATA **بيانات خواص المقاطع الإطاريه**

اسم المقطع	اسم الماده	نوع المقطع	العمق	عرض الجناح العلوى	سماكه الجناح العلوى	سماكه الجذع	عرض الجناح السفلى	سماكه الجناح السفلى
SECTION LABEL	MAT LABEL	SECTION TYPE	DEPTH	FLANGE WIDTH TOP	FLANGE THICK TOP	WEB THICK	FLANGE WIDTH BOTTOM	FLANGE THICK BOTTOM
2L60X6/0	STEEL	2L60X6/0	6.0E-02	0.120	6.0E-03	6.0E-03	0.000	0.000
2L70X7/0	STEEL	2L70X7/0	7.0E-02	0.140	7.0E-03	7.0E-03	0.000	0.000

اسم المقطع	المساحه	عطاله الفتل	عزم العطاله		مساحه القص	
SECTION LABEL	Aria	TORSIONAL INERTIA	MOMENTS OF INERTIA		SHEAR AREAS	
			I 33	I 22	A 2	A 3
2L60X6/0	1.382E-03	0.000	0.000	0.000	7.200E-04	5.976E-04
2L70X7/0	1.879E-03	0.000	0.000	1.576E-06	9.800E-04	8.134E-04

اسم المقطع	معامل المقطع الستاتيكى		معامل لدونه المقطع		نصف قطر الدوران	
SECTION LABEL	SECTION MODUL II		PLASTIC MODUL II		RADII OF GYRATION	
	S 33	S22	Z 33	Z 22	R 33	R 22
2L60X6/0	1.057E-05	1.415E-05	1.965E-05	2.332E-05	1.816E-02	2.479E-02
2L70X7/0	1.682E-05	2.251E-05	3.120E-05	3.705E-05	2.122E-02	2.896E-02

اسم المقطع	الوزن الإجمالى	الكتله الإجماليه
SECTION LABEL	TOTAL WEIGHT	TOTAL MASS
2L60X6/0	0.234	2.386E-02
2L70X7/0	0.324	3.299E-02

LOAD COMBINATION MULTIPLIERS **معاملات تصعيد تراكيب الحمولات**

التركيب	النمط	الحاله	معامل التصعيد	النمط	العنوان
COMBO	TYPE	CASE	FACTOR	TYPE	TITLE
COMB 1	ADD	LOAD 1	1.000	STATIC (OTHER)	COMB 1

CODE PREFERENCES **الكود المختار**

Code: AISC-LRFD93

معاملات خفض المقاومه علي الانعطاف والشد والضغط والقص (انظر الملحق C):

hk/v hglgpr Phi_bending : 0.9
Phi_tension : 0.9
Phi_compression : 0.85
Phi_shear : 0.9

معلومات تحقيق الإجهادات فى العناصر الفولاذيه حسب الكود المختار.

STEEL STRESS CHECK ELEMENT INFORMATION (AISC-LRFD93)

رقم العنصر	المقطع	نمط الفعل الداخلى	معامل LLRF	نسبه الطول المربوط جانبيا باتجاه المحور الرئيسى	نسبه الطول المربوط جانبيا باتجاه المحور الثانوى	المعامل K	
						رئيسى	ثانوى
FRAME ID	SECTION ID	FRAMING TYPE	LLRF FACTOR	L- ratio MAJOR	L- ratio MINOR	MAJOR	MAJOR
1	2L70X7/0/	MOMENT	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2	2L70X7/0/	MOMENT	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
3							

نسب تحقيق نتائج إجهادات الفولاذ تحت الأفعال الداخليه المختلفه

STEEL STRESS CHECK OUTPUT (AISC- LRFD93)

رقم العنصر	المقطع	تركيب الحموله	تحقيق العزوم الداخليه النسبه (محوريه + انعطافين)	القص باتجاه المحور 22		القص باتجاه المحور 33	
FRAME ID	SECTION ID	COMBO	MOMENT INTERACTION CHECK RATIO = AXL + B33 +B22	SHEAR 22		SHEAR 33	
				COMBO	RATIO	COMBO	RATIO
1	2L70X7/0/	COMB 1	(T) شد 0.112 =0.078 + 0.034 + 0.00	COMB 1	0.001	COMB 1	0.000
2	2L70X7/0/	COMB 1	(T) شد 0.439 = 0.404 +0.035 + 0.0	COMB 1	0.001	COMB 1	0.000
3							

3 ـ 3 ـ 1 ـ 3 حاله اختيار المقاطع من خارج البرنامج

ـ بالعوده للمسأله السابقه يمكن تعديل مقاطع العناصر بأيه مقاطع مختاره حيث يتم تعريف المقاطع من قائمه (Define) كما يلى:

Define → Frame Sections → Add I / Wide Flange →

(إدخال الأبعاد) ← (اختيار أى شكل للمقطع المطلوب) ← OK → OK

ـ يمكن اختيار أيه عناصر ذات أشكال معياريه شهيره كالزوايا والمجارى والأنابيب وغيرها. كما يمكن إدخال الخصائص المتعلقه بأى مقطع عام من خلال خيار (Add General) كما فى المثال (14). إضافةً إلى المقاطع اللاموشوريه (Non Prismatic).

ويتم بعد ذلك تعيين العناصر ومتابعه المسأله كما سبق.

3 ـ 3 ـ 1 ـ 4 حاله اختيار المقاطع من قبل البرنامج بشكل آلى

سنعيد المسأله السابقه بشكل موجز مع شرح خطوه الاختيار التلقائى للمقاطع:

1 ـ احفظ الملف السابق باسم جديد (Auto Truss)، ثم حدد مقاطع جديده كما يلى:

Define → Frame Sections → Import I / Wide Flange →

→ (افتح برنامج SAP 2000n) → (اختر Euro. pro) Open →

اختر المقاطع الجديده التاليه إضافه للمقاطع الموجوده

2L 40 x 4 /0/

2L 50 x 5 /0/

2L 80 x 6 /0/

2L 80 x 7 /0/

2L 80 x 8 /0/

ولدينا سابقا

2L 60 x 6 /0/

2L 70 x 7 /0/

وتذكر أنه يمكن اختيار أكثر من مقطع من سطور مبعثره بوقت واحد باستعمال مفتاح (Ctrl)

أو فى سطور متتاليه باستعمال مفتاح (Shift).

اضغط (OK)

2 ـ اختر العناصر التى تريد أن يختار البرنامج مقاطعها تلقائياً. وفى مسألتنا اختر جميع العناصر (Ctrl + A).

3 ـ عيِّن المقاطع من قائمه (Assign) كما يلى:

Assign → Frame → Sections → Add I / Wide Flange → Add Auto Select

→ تحصل على صندوق الحوار (Auto Selection Sections) كما فى الشكل (169)

→ اختر بمؤشر الماوس كافه مقاطع القائمه الموجوده باستثناء (FSEC 1)

OK → اضغط (Add) لإضافة المقاطع المذكورة لقائمة الاختيار التلقائي.

Auto Selection Sections

Auto Section Name AUTO1

Choose Sections

List of Sections: 2L40X4/0/, 2L50X5/0/, 2L60X6/0/, 2L70X7/0/, 2L80X6/0/, 2L80X7/0/, 2L80X8/0/

Add -> | <- Remove | Show

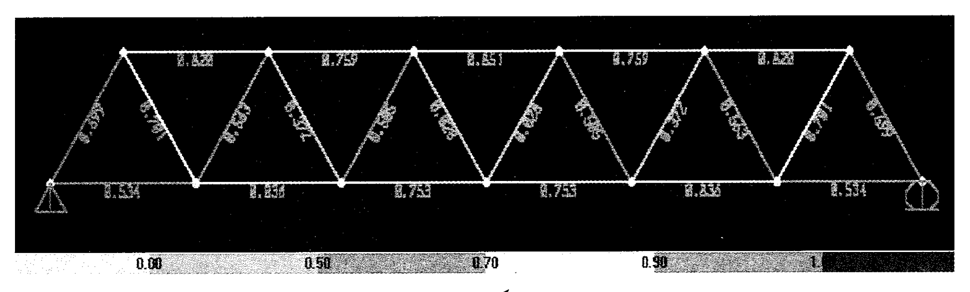
Auto Selections

OK | Cancel

الشكل 169

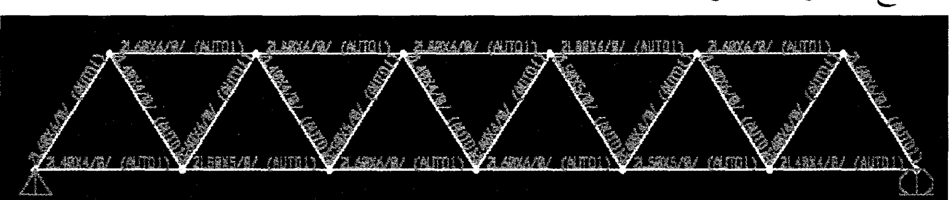
(Add) ـ إضافة مقاطع مختارة. (Remove) ـ إزالة مقاطع مختارة. (Show) ـ عرض المقاطع المضافة.

4 ـ أعد التحليل، ثم أعط أمر التحقيق والتصميم (Ctrl + F5) ولاحظ أن النتائج الموضحة في الشكل (170) قد اختلفت عن الحالة السابقة في الشكل (165).



الشكل 170

5 ـ اضغط الأيقونة لإخفاء النتائج السابقة ثم الأيقونة وفعل خيار (Sections) للعناصر الإطارية (Frames) ثم اضغط (OK) لتحصل على الشكل (171)، والذي يوضح أسماء المقاطع المختارة للعناصر.



الشكل 171

تكتب كلمة (Auto) بين قوسين للدلالة على الاختيار التلقائي للعنصر.

6 ـ بعد استعراض النتائج السابقة وبغية توحيد المقاطع نعيد تعيين العناصر من جديد بالاستغناء عن خيار (AUTO) وذلك حسب رأي المصمم.. (انظر المثال 13).

- **ملاحظة هامة**

يؤثر تعديل أمر خصائص المقاطع المنفذ أعلاه فقط على قيم الإجهادات، دون أن يؤثر على القوى المصعدة في العناصر التي أوجدها البرنامج أثناء التحليل الذي سبق التعديل المذكور. أي أن تعديل المقاطع يؤثر على نتائج التصميم دون التحليل.

ولتفعيل هذا التعديل بحيث يؤثر على نتائج التحليل لابد من تحديث عناصر المنشأ الجديدة ثم إعادة التحليل وفق الخطوات المشروحة في الفقرة (3 ـ 3 ـ 4 ـ 6) من المثال (13) أدناه.

3 ـ 3 ـ 2 مثال 11 ـ 2 ـ تحليل وتصميم الأعمدة الفولاذية

أعد تحليل وتصميم المنشأ الشبكي المعطى في المسألة السابقة إذا كان مرفوعا على ثلاثة أعمدة بارتفاع (4.5 m) كما في الشكل (172).. يؤخذ الوزن الذاتي للمنشأ بالاعتبار.

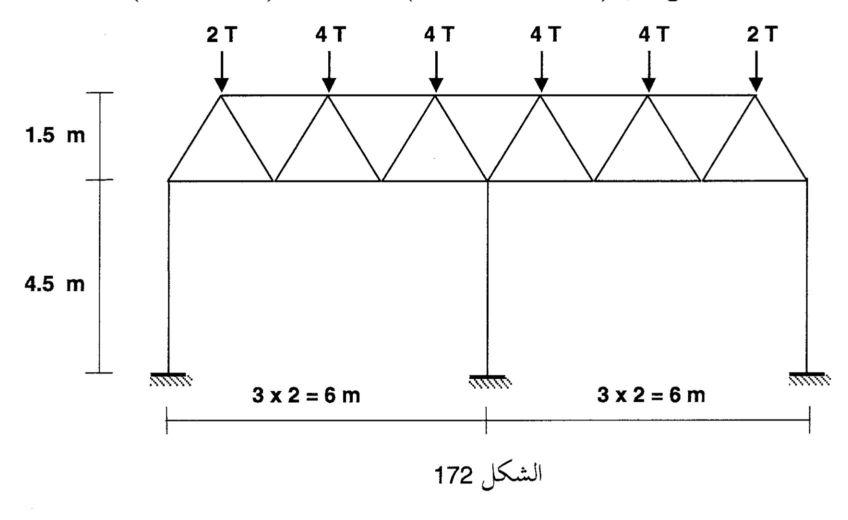
- **خطوات العمل:**

1 ـ أعد فتح الملف السابق (Auto Truss) وقم بحفظه باسم آخر وليكن (CTruss).

2 ـ قم بحذف المساند.

3 ـ اختر كافة عناصر المنشأ (Ctrl + A).

4 ـ حرك المنشأ من أمر (Move = Ctrl + M) إلى مسافة (Z = 4.50 m).



الشكل 172

5 ـ أضف خطوط شبكة عند ارتفاع (Z = 4.50 m , Z = 6.00 m) تمر من العنصرين الأفقيين العلوي والسفلي للشبكي.

6 ـ ارسم الأعمدة المطلوبة.

7 ـ عين المساند كوثاقات.

8 ـ عرف من المواصفات الأوربية مقاطع جديدة للأعمدة... أضف المقاطع:

- (IPE 120)
- (IPE 140)
- (IPE 160)
- (IPE 220)

وأبعاد هذه المقاطع موضحة في الشكل (173).

9 ـ اختر العمودين الطرفيين ثم عين المقطع (IPE 120).

10 ـ اختر العمود الوسطي وعين المقطع (IPE 160).

11 ـ أعد التحليل

ـ لاحظ الشكل المشوه للمنشأ (الشكل 174).

Section Name IPE120

Extract Data from Section Property File
Open File c:\sap2000n\euro.pro Import

Properties
Section Properties Modification Factors
Material STEEL

Dimensions

Outside height (t3)	0.12
Top flange width (t2)	0.064
Top flange thickness (tf)	6.300E-03
Web thickness (tw)	4.400E-03
Bottom flange width (t2b)	0.064
Bottom flange thickness (tfb)	6.300E-03

OK

Section Name IPE160

Extract Data from Section Property File
Open File c:\sap2000n\euro.pro Import

Properties
Section Properties Modification Factors
Material STEEL

Dimensions

Outside height (t3)	0.16
Top flange width (t2)	0.082
Top flange thickness (tf)	7.400E-03
Web thickness (tw)	5.000E-03
Bottom flange width (t2b)	0.082
Bottom flange thickness (tfb)	7.400E-03

OK

Section Name IPE220

Extract Data from Section Property File
Open File c:\sap2000n\euro.pro Import

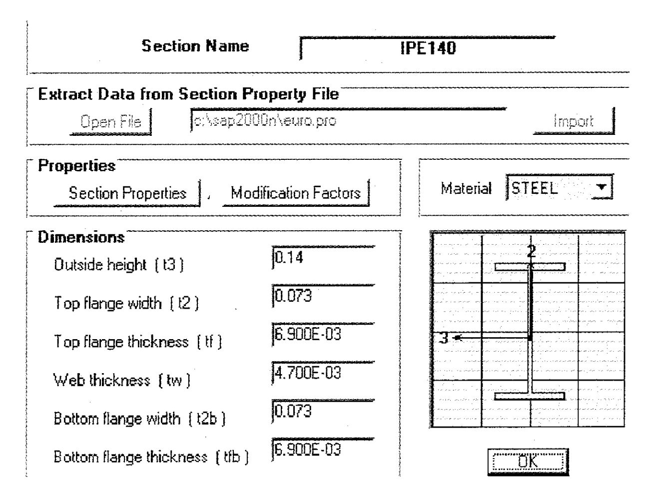
Properties
Section Properties Modification Factors
Material STEEL

Dimensions

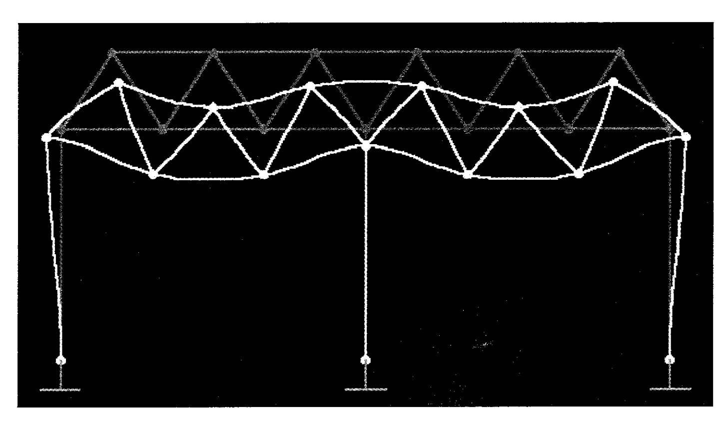
Outside height (t3)	0.22
Top flange width (t2)	0.11
Top flange thickness (tf)	9.200E-03
Web thickness (tw)	5.900E-03
Bottom flange width (t2b)	0.11
Bottom flange thickness (tfb)	9.200E-03

OK

الشكل 173



تتمة الشكل 173

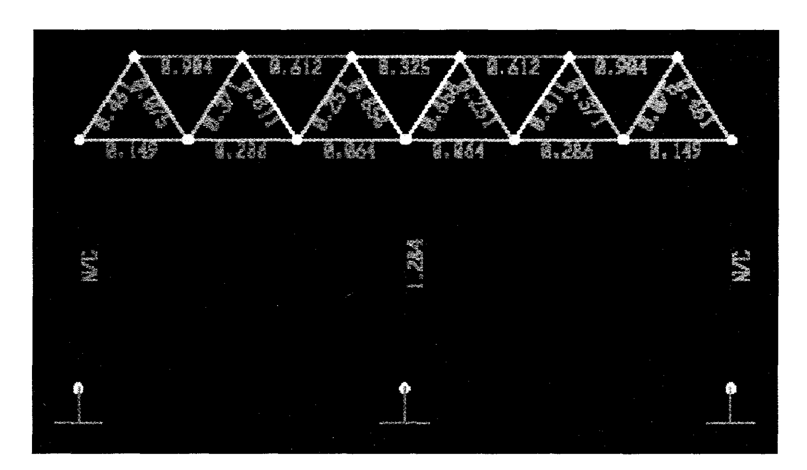


الشكل 174

الشكل المشوه للمنشأ

12 ـ اختر كود التصميم، وليكن الكود الأمريكي (AISC - LRFD93) ثم ابدأ التصميم والتحقيق (Start Design / Check Of Structure = Ctrl + F5).

ـ لاحظ أن كافة العناصر في الشكل (175) الناتج محقق باستثناء الأعمدة.



الشكل 175

13 ـ اضغط زر الماوس الأيمن بعد الوقوف على أي عمود طرفي لتحصل على النافذة (176) والتي تبين أن **القوة المحورية التصميمية المصعدة (P u) أكبر من حمولة التحنيب (Pe)**.. **وبالتالي فالمقطع غير محقق.**

Steel Stress Check Information

Frame ID 25
Section ID IPE120

Details ReDesign

```
COMBO   STATION /----MOMENT INTERACTION CHECK-----//-MAJ-SHR---MIN-SHR-/
ID          LOC   RATIO   =   AXL + B-MAJ + B-MIN      RATIO      RATIO
COMB1      0.00 Pu > Pe (B1 is undefined)
COMB1      2.25 Pu > Pe (B1 is undefined)
COMB1      4.50 Pu > Pe (B1 is undefined)
```

الشكل 176

ـ انظر الملاحظة في نهاية الفقرة (C ـ 3) من الملحق (C).

14 ـ اضغط على زر (Details) في الشكل السابق لتجد نفس الرسالة باللون الأحمر أسفل الشكل (177).

Steel Stress Check Information AISC-LRFD93

File

```
AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK     Units: Ton-m

Frame ID: 25  Station Loc: 0.000  Section ID: IPE120
Element Type:  Moment Resisting   Classification:  Seismic

L=4.500
A=0.001  i22=0.000  i33=3.180E-06  z22=1.360E-05  z33=6.070E-
s22=8.656E-06  s33=5.300E-05  r22=0.014  r33=0.049
E=20389019.16  fy=25310.507

    Stress Check Message - Pu > Pe (B1 is undefined)
```

الشكل 177

15 ـ أعد تعيين المقاطع كما يلي:

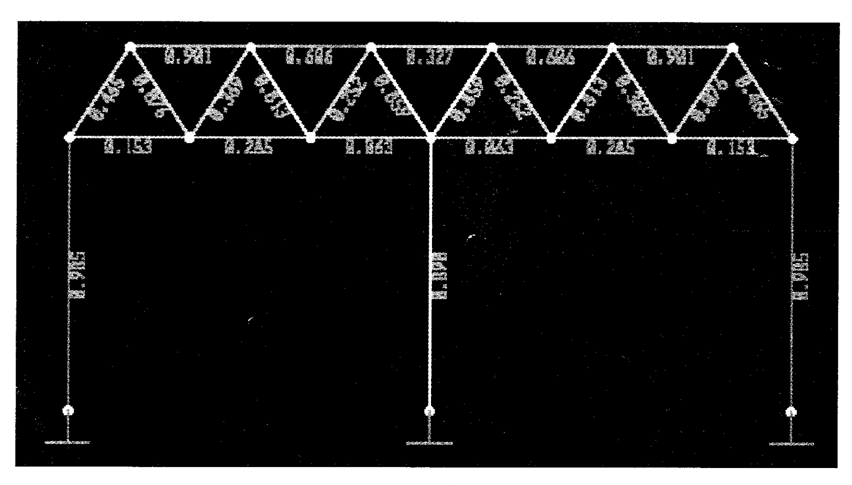
ـ العمودان الطرفيان (IPE 140).

ـ العمود الوسطي (IPE 220)

ـ أعد التحليل.

16 ـ ابدأ التصميم والتحقيق (Ctrl + F5)

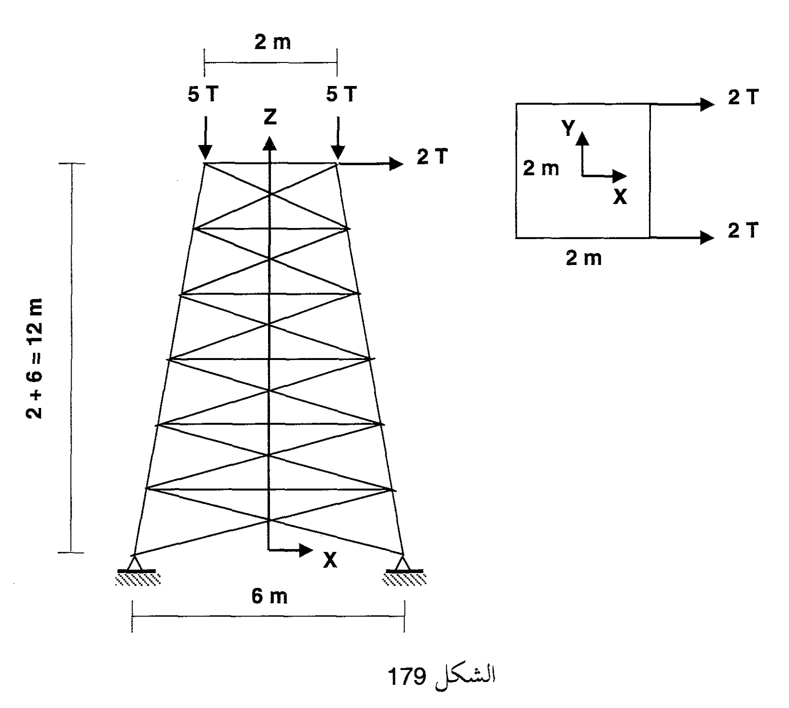
ـ لاحظ أن المنشأ أصبح محققا (الشكل 178).



الشكل 178

3 ـ 3 ـ 3 مثال 12 ـ تحليل وتصميم برج شبكي فراغي

يطلب تحليل وتصميم البرج الشبكي الفراغي والذي يبين الشكل (179) أحد واجهاته الأربع المتماثلة.



الشكل 179

ـ تطبق الحمولات الشاقولية المبينة على أربع نقاط والأفقية على أحد الوجوه فقط.

ـ التصميم والتحقيق وفق الكود الأمريكي (AISC- LRFD93).

يؤخذ الوزن الذاتي للمنشأ بالاعتبار.

1 ـ حول الواحدات إلى (Ton . m).

2 ـ ارسم المنشأ من مكتبة العناصر

File → New Model From Template → Space Truss

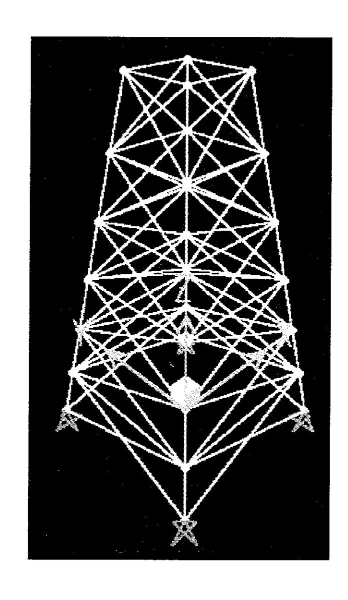
→ Fig. (180) → OK → Fig. (181)

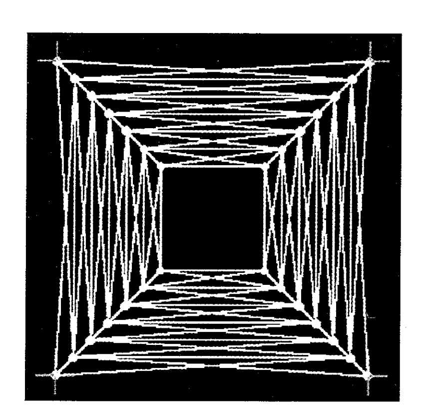
Space Truss

☑ Restraints	Number of Stories	6
☑ Gridlines	Story Height	2
	Top width along X	2.
	Top width along Y	2.
	Bottom width along X	6
	Bottom width along Y	6

OK Cancel

الشكل 180





الشكل 181

3 ـ عرف من قائمة (Define) ما يلي:

ـ المقاطع مجموعة مقاطع تراها مناسبة من الزوايا متساوية الساقين:

Define → Frame Sections → Import I / Wide Flange → (SAP 2000n برنامج)

→ (aisc. pro) Open → (اختر المقاطع المناسبة) → OK → OK

ـ حالة التحميل:

Define → Static Load Cases → Load = LOAD 1, Type = Other,

Self Weight = 1 → Change Load → OK

ـ تراكيب الحمولات (حالة تحميل واحدة فقط):

Define → Load Combinations → Add New Combinations →

Load Combination Name = COMB1, Load Combination Type = Add,

Case Name = LOAD1, Scale Factor = 1, Add →

Use for Steel Design → OK → OK

4 ـ عين الحمولات المطلوبة على العقد.

5 ـ عين المقاطع من قائمة (Assign) إما لكل مجموعة من العناصر أو باختيار تلقائي كما في المثال السابق.

ـ استعن بالجزء الأول من أجل اختيار العناصر.

6 ـ اختر نوع التحليل (عادي):

Analyze → Set Options → Space Frame → OK

ـ ضع إشارة تحقق بجانب (Generate Output).

ـ اضغط زر (Select Output Options) وحدد خيارات النتائج.

7 ـ اختر كود التصميم (AISC - LRFD93).

8 ـ ابدأ التحليل بالضغط على مفتاح (F5).

9 ـ استعرض النتائج كما في المثال السابق.

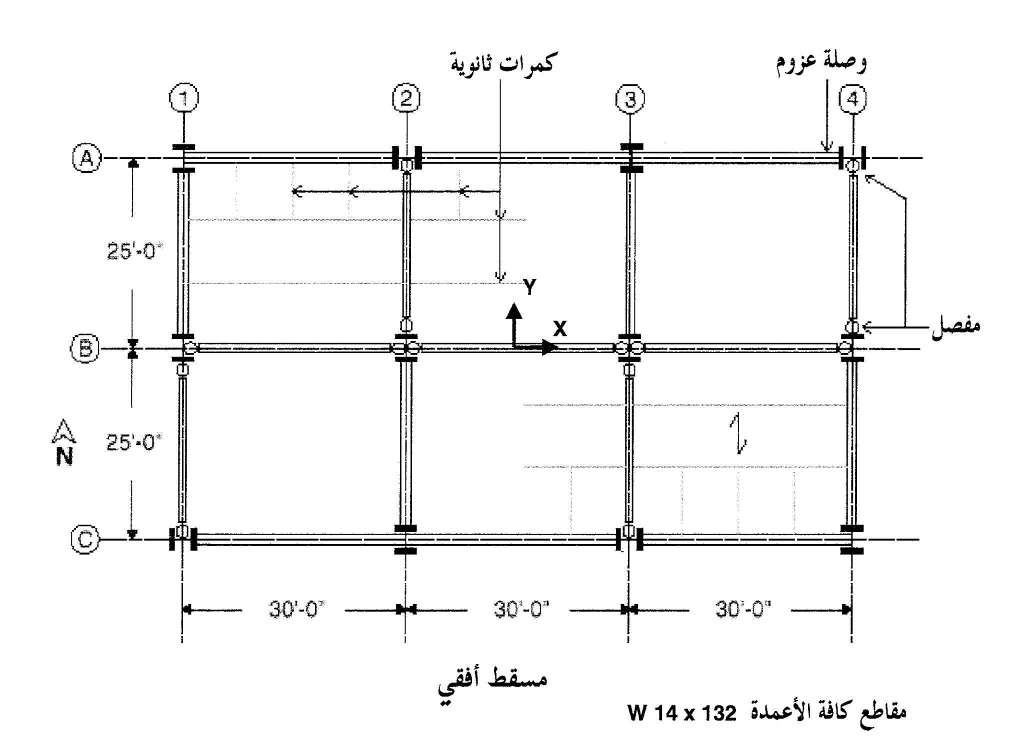
10 ـ حرر كافة العناصر من العزوم والقص والفتل .

11 ـ أعد التحليل وقارن مع نتائج الحالة الأولى.

3 ـ 3 ـ 4 مثال 13 ـ تحليل وتصميم منشأ فراغي معرض لحمولات الزلازل

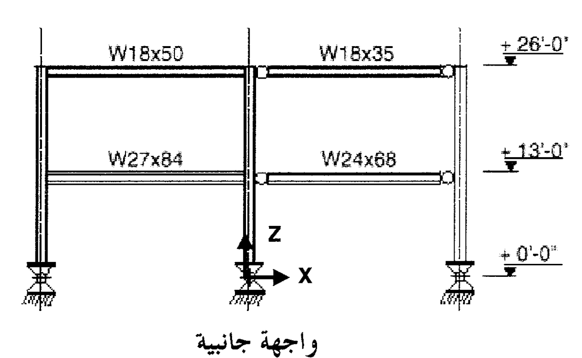
ـ ملاحظه:

إن هذا المثال مرفق مع الدليل (Manual) في بداية ملف (SAP STEEL)، ومع أمثلة البرامج باسم (Exstl . SDB) في مجلد (Examples).



مسقط أفقي

مقاطع كافة الأعمدة W 14 x 132



واجهة جانبية

الشكل 182

3 ـ 3 ـ 4 ـ 1 وصف المنشأ ومعطيات المسألة

1 ـ يبين الشكل (182) أبعاد المنشأ الذي يتألف من طابقين في كل منهما (6) غرف مكاتب.

2 ـ مقاطع العناصر من كمرات وأعمدة حسب المواصفات الأمريكية القياسية (ASTM) حيث (F y = 36 ksi) للكمرات الرئيسية والثانوية، و(F y = 50 ksi) للأعمدة.

3 ـ تتألف أرضية الطابق الثاني المحمولة على الكمرات الفولاذية من بلاطات من الخرسانة الحشوية الخفيفة.

4 ـ يتعرض المنشأ للحمولات التالية:

ـ حمولات ميتة موزعة على بانتظام على الكمرات كما يلي:

على الأرضية DL = 75 psf

على السقف DL = 30 psf

حمولات الجدران 15 psf

ـ حمولات حية موزعة على بانتظام على الكمرات كما يلي:

على الأرضية LL = 80 psf

على السقف LL = 20 psf

ـ حمولات زلزالية (Q) تطبق على عقد المنشأ في الاتجاهين (X ,Y) مع اعتبار قوة القص القاعدي الستاتيكية المكافئة (51 kips).

5 ـ الأطوال الكلية غير الممسوكة للعناصر تساوي الأطوال الحقيقية لها (L = L22 = L33).

6 ـ يؤخذ تأثير (P - Δ) أثناء التحليل مع تركيب الحمولتين (1.2 DL + 0.5 LL).

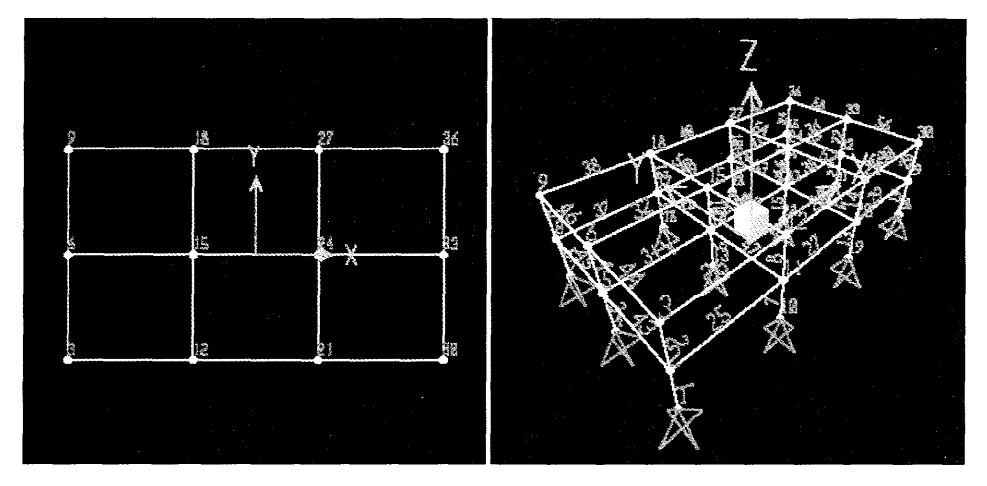
7 ـ عقد الطوابق مربوطة برابط غشائي (Diaphragm).

8 ـ يتم التصميم وفق الكود (AICS- LDF93).

3 ـ 3 ـ 4 ـ 2 فتح ملف المسألة

1 ـ استخدم الواحدات (kip- in)... ثم افتح مجلد (Examples) المرفق مع البرنامج. وبعده

افتح الملف (Exstl. SDB) لتحصل على الشكل (183).



الشكل 183

2 ـ احفظ هذا الملف باسم آخر (Exstl 1) للحفاظ على المثال الأصلي ثم استعرض الحمولات.

3 ـ 3 ـ 4 ـ 3 إجراءات التحليل والتصميم

1 ـ اختر نوع التحليل كما يلي:

Analyze/→ Set Options → Space Frame → OK

ـ ضع إشارة تحقق بجانب (Generate Output).

ـ اضغط زر (Select Output Options) وحدد كافة خيارات النتائج من أجل حالات التحميل المعطاة ثم اضغط (OK).

ـ ضع إشارة تحقق بجانب (Include P - Δ).

ـ اضغط المفتاح (Set P - Δ Parameters) لتعيين متحولات التحليل.

ـ أدخل في صندوق الحوار الناتج عدد مرات التكرار (5) بجانب الخيار (Maximum Iteration).

ـ استبدل معامل تصعيد الحمولات (DL) إلى القيمة (1.2)، ثم اضغط زر (Modify).

ـ اضغط السهم عند خيار (Load Case) واختر الحمولة (LL).

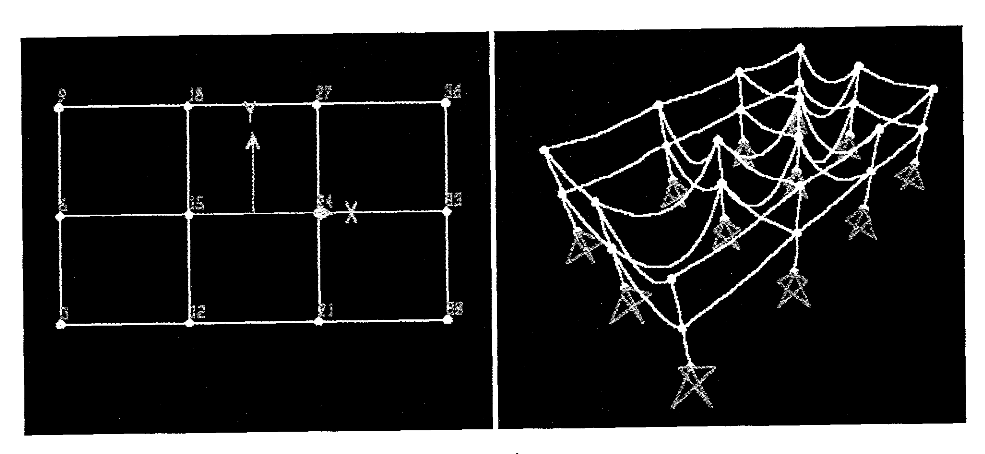
- استبدل معامل تصعيد الحمولات (LL) إلى القيمة (0.5) ثم اضغط زر (Add).
- اضغط (OK) وأغلق صناديق الحوار المفتوحة.

2 - تأكد من أن كود التصميم (AISC - LRFD93) من خيار (Preference) في قائمة (Options).

3 - ابدأ التحليل (اضغط F5).

4 - تأكد في رسالة التحليل من عدم وجود أخطار أو تحذيرات.

5 - لاحظ الوضع المشوه للمنشأ تحت حالة التحميل الأولى كما في الشكل (184).. ويمكن معاينة هذا الشكل تحت حالات التحميل الأخرى من خلال السهمين الموجودين أسفل الشاشة بجانب زر (Start Animation).



الشكل 184

6 - تأكد من وجود إشارة بجانب أمر (Steel Design) في قائمة (Design)، ثم أعط أمر التصميم والمطابقة مع الكود (Start Design / Check Of Structure = Ctrl + F5).

ونذكر هنا بالملاحظات حول تراكيب الحمولات، ففي في حال عدم إدخال تراكيب جديدة من قبل المستثمر، فيعتمد البرنامج كما ذكرنا سابقا التراكيب التلقائية للحمولات حسب الكود المختار. ويمكن إضافة تراكيب جديدة للحمولات بإحدى الطرق الثلاث التالية:

ـ من خيار (Load Combinations) في قائمة (Define)، ويتم ذلك من أمر (Add Default Combinations).

ـ من خيار (Select Design Combinations = Ctrl + F6) في قائمة (Design)، إذا لم يكن هناك أي تركيب معين.

ـ من خيار (Start Design / Check Of Structure) في قائمة (Design)، إذا لم يكن هناك أي تركيب معين.

3 ـ 3 ـ 4 ـ 4 قراءة النتائج

1 ـ لقد قام البرنامج بعد أمر التصميم بحساب معاملات التحمل لكل عنصر من المنشأ وقد ظهرت هذه المعاملات على العناصر كما في الشكل (185)، كما ظهر شريط ملون في أسفل النافذة المفعلة يبين حدود قيم المعاملات المذكورة.

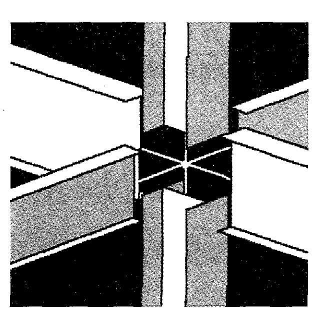
2 ـ ضع مؤشر الماوس فوق أي عنصر واضغط الزر الأيمن من أجل استعرضا النتائج كما في الأمثلة السابقة.

3 ـ لاحظ أن مقاطع بعض الكمرات (الملونة بالأحمر) غير محققة لأن نسبة الإجهادات أكبر من الواحد بسبب كون (l / r > 200).

ومن أجل ذلك نعيد بتعديل الأطوال غير الممسوكة جانبيا (L) كما في الفقرة التالية.

3 ـ 3 ـ 4 ـ 5 تعديل التصميم

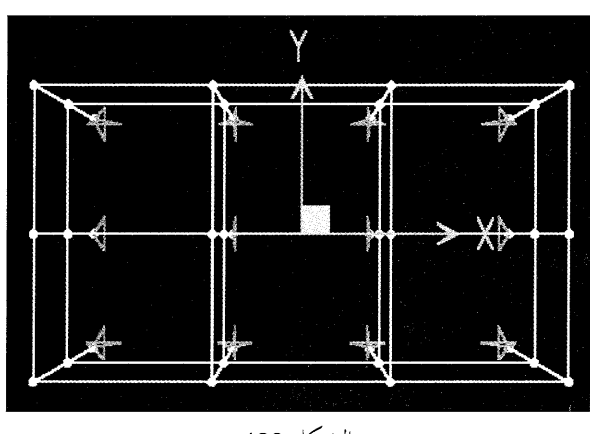
باعتبار أن الكمرات الثانوية في الشكل (182) تعمل على إعاقة الانتقالات العرضية لأجنحة المقاطع المضغوطة (لاحظ في الشكل تفصيلة اتصال العناصر عند العقد الداخلية) سنعدل الأطوال الممسوكة



الشكل 185

المتوضعة بالاتجاه (Y Y) بحيث تصبح (L22 = 0.33 L)، وللكمرات المتوضعة بالاتجاه (X X) بحيث تصبح (L22 = 0.25 L)، وذلك كما يلي:

1 ـ عدل المعاينة في النافذ الفراغية إلى معاينة منظورية (Perspective Toggle) للمسقط الأفقي (XY) كما في الشكل (186) لتسهيل اختيار الكمرات.



الشكل 186

2 ـ اختر بواسطة المستقيم القاطع الكمرات الواقعة بموازاة المحور (Y)، (تحتاج لتكرار أمر الاختيار مرتان حسب عدد صفوف الكمرات).

3 ـ اختر من قائمة (Design) الأمر (Redefine Element Design Data = Ctrl + F7) لتحصل على صندوق (Element Overwrite Assignments) الحوار المبين في الشكل (168).

4 ـ ضع في صندوق الحوار المذكور إشارة تحقق بجانب الخيار (Unbarced Length Ratio) ثم أدخل القيمة (0.33) في الخانة المخصصة له، ثم اضغط (OK)

5 ـ أعد إنعاش الشاشة اليسرى (Ctrl + W) التي توضح المسقط الأفقي لتلاحظ تغير نسب الإجهادات.

6 ـ كرر ما ورد في البنود الثلاثة السابقة على الكمرات الواقعة بموازاة المحور (X) ثم أدخل نسبة الطول غير الممسوك (0.25) من الطول الفعلي، وعاين النتائج الجديدة.

ونشير هنا إلى بقاء ثلاثة كمرات موازية للاتجاه (X) وملونة بالأحمر (العناصر 31 و 33 و 35) ما زالت غير محققة لنسب الإجهادات.

ومن أجل ذلك نعدل المقاطع من خلال استخدام البرنامج من أجل الاختيار التلقائي لها كما في الفقرة التالية.

3 ـ 3 ـ 4 ـ 6 اختيار المقاطع بشكل آلي

1 ـ اختر العناصر (31 و 33 و 35) بنافذة مطاطية.

2 ـ افتح قفل التحليل من الأيقونة المخصصة.

3 ـ عرف من قائمة (Define) مقاطع جديدة كما يلي:

Define → Frame Sections → Import I / Wide Flange →

→ Open (اختر Section. pro) → (افتح برنامج SAP 2000n)

→ (اختر بمساعدة شريط التمرير المقطع /2L 60x6/0)

اختر المقاطع المحصورة بين (W 12x14) و (W 12x96)

→ OK → OK

4 ـ عين المقاطع المختارة في الخطوة (1) من قائمة (Assign) كما يلي:

Assign → Frame → Sections → Add I / Wide Flange → Add Auto Select

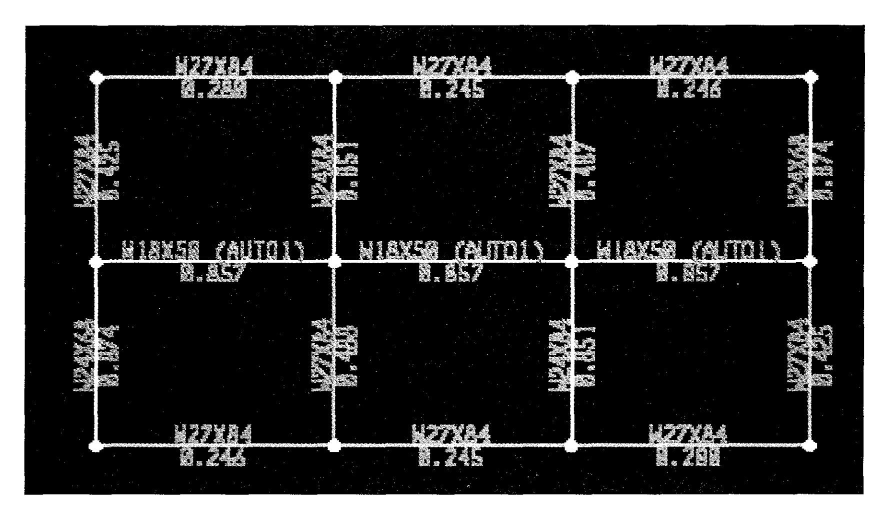
→ تحصل على صندوق الحوار (Auto Selection Sections)

OK → استخدم زر (Remove) لحذف المقطع (W 14x134) المستخدم للأعمدة فقط

5 ـ أعد التحليل ثم أمر التصميم لتجد أن كافة المقاطع أصبحت محققة.. (الشكل 187).

3 ـ 3 ـ 4 ـ 7 إعادة التحليل بعد تحديث العناصر

يؤثر تعديل خصائص المقاطع المنفذ أعلاه فقط على قيم الإجهادات دون أن يؤثر على القوى المصعدة في العناصر التي أوجدها البرنامج أثناء التحليل الذي سبق التعديل المذكور. أي أن تعديل المقاطع يؤثر على التصميم دون التحليل.



الشكل 186

ولتفعيل هذا التعديل بحيث يؤثر على نتائج التحليل لابد من تحديث عناصر المنشأ الجديدة ثم إعادة التحليل وفق الخطوات التالية:

1 ـ اختر من قائمة (Design) الأمر (Update Analysis Sections = Ctrl + F9).

2 ـ اضغط (OK) كجواب على الرسالة التي ستظهر.

3 ـ أعد التحليل.

4 ـ اختر من قائمة (Design) الأمر (Replace Auto E / Optional Sections). للحصول على رسالة مفادها ما يلي:

سيؤدي استبدال مقاطع التحليل بالمقاطع المختارة آليا إلى فك النموذج

اضغط موافق (Ok) إن أردت ذلك.

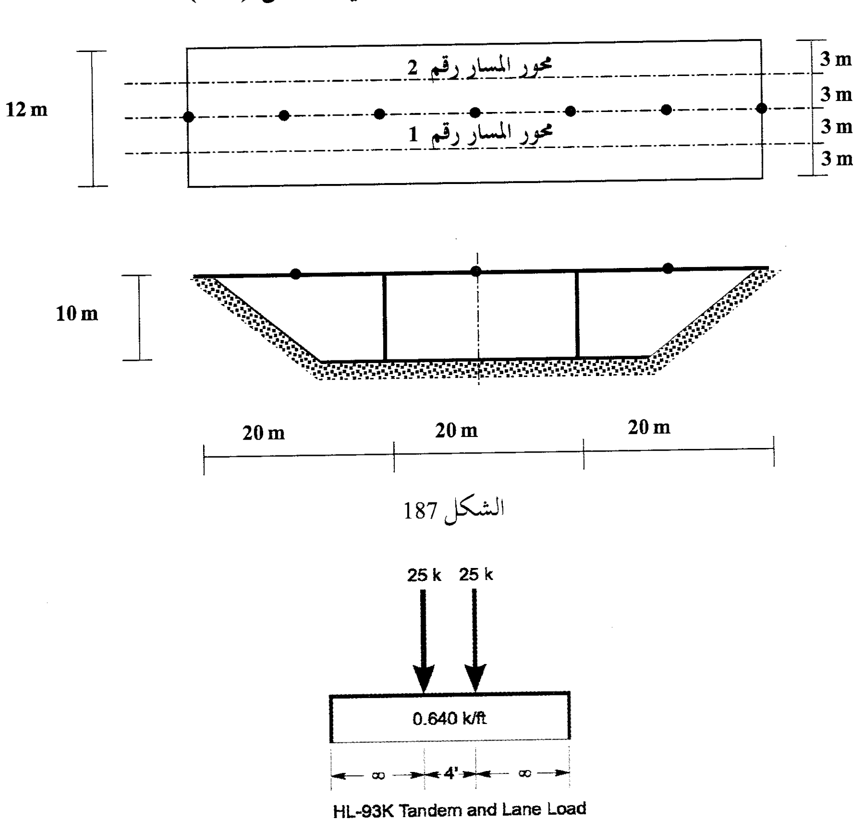
5 ـ اضغط (Ok).

6 ـ ستعرض النتائج الجديدة.

***

3 – 3 – 5 مثال 14 ـ تحليل وتصميم جسر فولاذى تحت الحمولات المتحركة

يطلب تحليل الجسر الفولاذي الذى يجتاز طريقا كما في الشكل (187)، والذي يتألف من مسارين لمرور العربة المعيارية (HL- 93K) الموضحة في الشكل (188).



الشكل 187

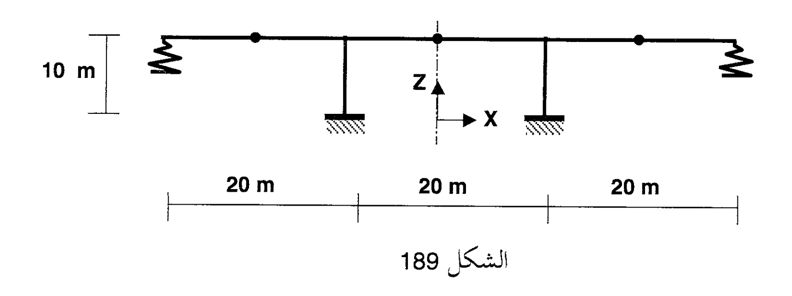
الشكل 188 ـ نموذج العربة (HL93 - K) حسب (AASHTO).

ـ معطيات المسألة:

1 ـ يعتبر المسندان الوسطيان للجسر موثوقان.

2 ـ يعتبر المسندان الوسطيان نوابض قساوتها (K = 1000000 t / m) فى الاتجاه الشاقولي (Z) وموثوقة فى كافة الاتجاهات الأخرى (الشكل 189) (انظر الملاحظة المرفقة بالشكل 33 صفحة 46 من

الجزء الأول).



الشكل 189

3 ـ تمتلك كافة عناصر الجسر الفولاذية الخصائص الهندسية التالية:

ـ المساحة الكلية للمقطع العرضي (0.105 m).

ـ عزم عطالة المقطع حول المحور (3 3) ($0.005\ m^4$).

ـ مساحة القص الفعالة ($0.080\ m^2$).

3 ـ 3 ـ 5 ـ 1 النمذجة

1 ـ ارسم الجسر الموضح في الشكل (189) إما من خلال شبكة إحداثيات ديكارتية، أو من (Portal Frame) من مكتبة المنشآت الجاهزة في البرنامج، مع تعديل أبعاد الأخير حسب الشكل المطلوب.

2 ـ عين المساند الوسطية كوثاقات.. والطرفية كنوابض حسب الخطوات التالية:

ـ اختر المسندين الطرفيين بمؤشر الماوس، ثم استخدم الأمر (Joint → Restraints) من قائمة (Assign) أو اضغط الأيقونة لتحصل على صندوق الحوار الموضح في الشكل (190).

ـ حدد نوع المسند من خلال وضع أو إلغاء إشارة التحقق ☑ لمنع أي دوران أو انتقال في أي اتجاه من الاتجاهات المبينة، ثم اضغط (OK).

ـ أعد اختيار المسندين الطرفيين ثم خذ مرة أخرى الأمر (Joint → Spring) من قائمة (Assign) أيضا لتحصل على صندوق الحوار الموضح في الشكل (191).

Joint Restraints

Restraints in Local Directions

☑ Translation 1 ☑ Rotation about 1

☑ Translation 2 ☑ Rotation about 2

☐ Translation 3 ☑ Rotation about 3

Fast Restraints

OK Cancel

الشكل 190 ـ تحرير الانتقال على المحور Z

Joint Springs

Spring Stiffness in Local Direction

Translation 1	0.
Translation 2	0.
Translation 3	100000.
Rotation about 1	0.
Rotation about 2	0.
Rotation about 3	0.

Options

◉ Add to existing springs

○ Replace existing springs

○ Delete existing springs

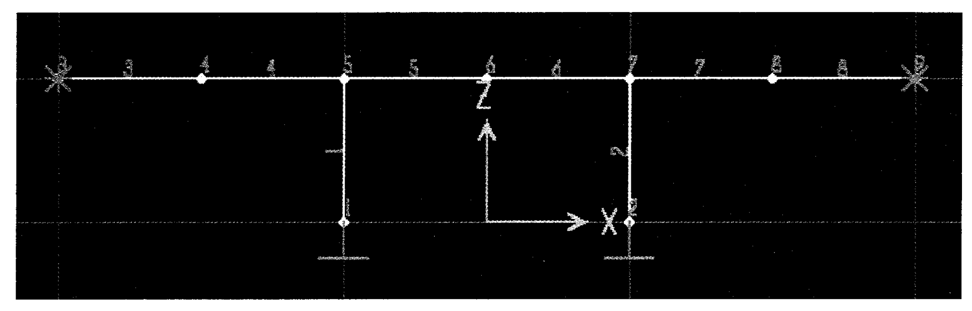
Advanced

OK Cancel

الشكل 191

ـ أدخل قيمة القساوة (F) في الاتجاه المطلوب ثم اضغط (OK) واحفظ الملف باسم (Bridge) (انظر أيضا الصفحة 132 من الجزء الأول).

3 ـ قم بتقسيم المسارات من أمر (Devoid Frame) في قائمة (Edit) ليصبح المنشأ كما في الشكل (192)... (حاول تعديل أرقام العقد والعناصر كما في الشكل).



الشكل 192

4 ـ عرف المقاطع من قائمة (Define) كما يلي:

Define → Frame Sections → Add I / Wide Flange → Add General

Gross - sections (Axial) area = 0.105

Moment Of Inertia about 3 axis = 0.005

Shear Area In 2 Direction = 0.08 → OK

OK → غير اسم المقطع وليكن (BM) وتأكد من أن المادة (Steel)

5 ـ عرف من قائمة (Define) المسار الأول للعربة المطلوبة كما يلي:

Define → Moving Load Cases → Lanes →

(Define Bridge Lanes صندوق الحوار) →

Add New Lanes → (Lanes Data صندوق الحوار) → Lane Name = Lane 1 →

أدخل حسب الشكل السابق رقم العنصر الأول في المسار (Frame = 3)

Add → وقيمة اللامركزية عن محور الجسر (Eccentricity = 3)

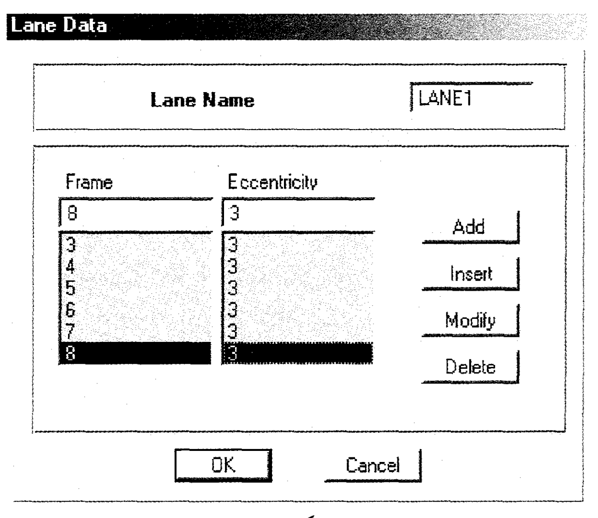
أدخل حسب الشكل السابق رقم العنصر الثاني في المسار (Frame = 4)

Add → وقيمة اللامركزية عن محور الجسر (Eccentricity = 3) أيضا

تابع العمل إدخال كافة عناصر المسار (من 5 وحتى 8) بشكل متتالي

مع الحفاظ على قيمة اللامركزية (Eccentricity = 3).

اضغط (OK) للحصول على الشكل (193).



الشكل 193

عرف المسار الثاني (Lane 2) بنفس طريقة تعريف المسار الأول.

5 ـ عرف العربات من قائمة (Define) كما يلي:

Define → Moving Load Cases → Vehicles →

(Define Vehicles صندوق الحوار) → Add Standard Vehicles →

HL 93K → OK → OK

ملاحظة: يمكن تعريف قافلة من العربات المعيارية المختلفة بإضافتها إلى العربة السابقة.

6 ـ عرف ترتيب العربات من قائمة (Define) أيضا كما يلي:

Define → Moving Load Cases → Vehicles Classes →

(Vehicles Classes صندوق الحوار) → Add New Classes →

Vehicles Classes Name = VECL 1 , Vehicles Name = HL 93K

Add→ OK → OK

7 ـ عرف استجابات الجسر من قائمة (Define) كما يلي:

Define → Moving Load Cases → Bridge Responses →

(Bridge Responses Requests صندوق الحوار) → (حدد كافة الخيارات) → OK

8 ـ عرف الحمولة المتحركة من قائمة (Define) كما يلي:

Define → Moving Load Cases → Moving Load Cases →

Add New Load → (Moving Load Data صندوق الحوار) →

Moving Load Case Name = Move 1 , Add New Assign →

(Moving Load Cases Assignment Data صندوق الحوار) →

Select Lanes From (Lane 1 , Add - Lane 2 , Add) → OK

إغلاق كافة صناديق الحوار.

9 ـ اختر نوع التحليل (عادي):

Analyze → Set Options → XZ Plane → OK

ضع إشارة تحقق بجانب (Generate Output).

اضغط زر (Select Output Options) وحدد كافة خيارات النتائج من أجل

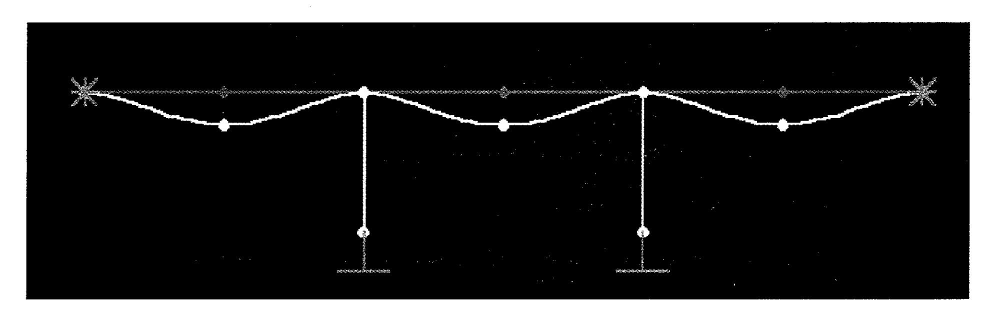
حالة التحميل المطلوبة ثم اضغط (OK).

10 ـ ابدأ التحليل بالضغط على مفتاح (F5).

12 ـ تأكد من اكتمال التحليل بظهور رسالة (Analysis Complete) دون أخطاء (Errors) أو تحذيرات (Warnings) عن طريق الشريط التمرير.

3 ـ 3 ـ 5 ـ 2 نتائج التحليل

1 ـ يكون الشكل المشوه للمنشأ بعد التحليل كما في الشكل (194). استعرض انتقالات ودورانات العقد كما في الأمثلة السابقة.



الشكل 194

2 ـ عاين ردود الأفعال على المنشأ لكل من المساند والنوابض. وكذلك مغلف القوى المحورية على المنشأ. استخدم أوامر القوائم كما يلي:

Display → Show Element Forces / Stress → Frames

حدد في صندوق الحوار الناتج الحمولة (Move 1) ثم ضع إشارة ◉ بجانب خيار (Axial Force) واضغط (OK) لتحصل على المخطط المطلوب.

ضع مؤشر الماوس فوق أي عنصر واضغط الزر الأيمن لمعاينة مخطط القوى المحورية.

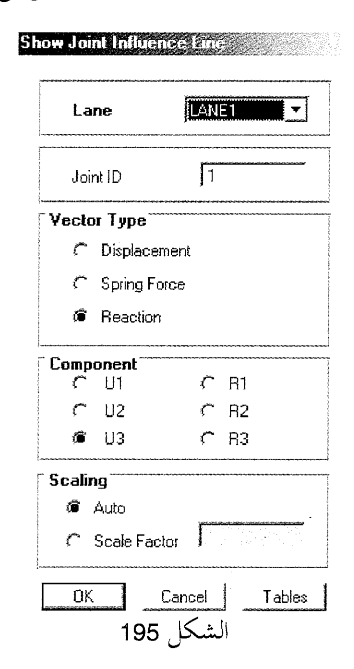
4 ـ عاين بنفس الطريقة السابقة مغلفات عزم الانعطاف (Moment 33)، وقوى القص (Shear 22)، ومغلف الفتل.

5 ـ استعرض خطوط التأثير للانتقالات والدورانات والعزوم وغيرها بالشكل التالي:

Display → Show Influence Line → Joint → (صندوق الحوار 195) → OK

Display → Show Influence Line → Frame → (صندوق الحوار 196) → OK

استعرض كافة الحالات



الشكل 195

Show Frame Influence Line

Lane: LANE1

Frame ID: 1

Component: Axial Force, Torsion, Shear 2-2, Moment 2-2, Shear 3-3, Moment 3-3

Location: Station 1

Scaling: Auto, Scale Factor

OK Cancel Tables

الشكل 196



ملاحق الكتاب



الملحق A ... تصميم الخرسانة وفق بعض الكودات المعتمدة في البرنامج

موجز حول متطلبات تصميم الخرسانة
وفق الكود الأمريكي * ACI 318 - 95

American Concrete Institute Building Code Requirements

• ***توضيح***

*بعد ترجمة الملف المساعد في دليل البرنامج الإرشادي (**SAPCONC. Chapter IV**) تم إيجاز هذا الملحق مع بعض التصرف في صياغة الفقرات، كما أضيفت بعض الشروحات والفقرات التوضيحية المتعلقة بالموضوع المطروح علاوة على بعض المعلومات من الفصل (**III**) من الملف المذكور... (انظر الصفحة 41 من **.SAPCONC**).*

A – 1 مصطلحات الكود وواحدات القياس

(A_{cv}) – مساحة الخرسانة المستخدمة لحساب إجهاد القص ... (in^2).

(A_g) – مساحة المقطع الكلي للخرسانة ... (in^2).

(A_s) – مساحة مقطع تسليح الشد المستخدمة ... (in^2).

($A`_s$) – مساحة مقطع تسليح الضغط المستخدمة ... (in^2).

($A_{s\ Required}$) – مساحة مقطع تسليح الشد المطلوبة ... (in^2).

(A_{st}) – مساحة مقطع تسليح الطولي للأعمدة المستخدمة ... (in^2).

(A_v) – مساحة مقطع تسليح القص... (in^2).

(a) – عمق منطقة الضغط في المقطع ... (in).

* انظر الكود المترجم بعنوان (معايير التصميم الإنشائي وفق ACI) إصدار دار دمشق . ترجمة المهندس عماد درويش.

(a_b) ـ عمق منطقة الضغط في المقطع في الحالة التوازنية ... (in).

(b) ـ عرض المقطع ... (in).

(b_f) ـ عرض الشفة في المقطع (T)... (in).

(b_w) ـ عرض الجذع في المقطع (T)... (in).

(C_m) ـ معامل يتعلق بانحناء الأعمدة ويستخدم لحساب العزوم فيها.

(C) ـ عمق المحور السليم ... (in).

(C_b) ـ عمق المحور السليم في الحالة التوازنية... (in).

(d) ـ العمق الفعال للمقطع (المسافة بين الوجه المضغوط وتسليح الشد)... (in).

($d`$) ـ المسافة بين التغطية الخرسانية ومحور التسليح... (in).

(d_s) ـ سماكة البلاطة أو شفة المقطع (T)... (in).

(E_c) ـ معامل مرونة الخرسانة ... (psi).

(E_s) ـ معامل مرونة فولاذ التسليح... (29,000,000 psi).

($f`_c$) ـ المقاومة المميزة للخرسانة على الضغط... (psi).

(f_y) ـ المقاومة المميزة لتسليح الانعطاف = حد السيلان... (psi).

(f_{ys}) ـ المقاومة المميزة لتسليح القص ... (psi).

(h) ـ ارتفاع العمود ... (in).

(I_g) ـ عزم عطالة المقطع الخرساني الكلي حول المحور المركزي مع إهمال التسليح ... (in^4).

(I_{se}) ـ عزم عطالة المقطع الخرساني الكلي حول المحور المركزي دون إهمال التسليح ... (in^4).

(k) ـ معامل الطول الفعال.

(L) ـ الطول الصافي غير المربوط أو المدعم ضد الانزياح الجانبي ... (in).

(M_1) ـ العزم الأصغر المطبق في أحد طرفي العمود ... (lb . in).

(M_2) ـ العزم الأكبر المطبق في أحد طرفي العمود ... (lb . in).

(M_c) ـ العزم المصعد التصميمي ... (lb . in).

(M_{ns}) ـ مركبة العزم في طرف العمود الذي لا يسبب أو الانزياح الجانبي (sway).. (lb . in).

(M_s) – مركّبة العزم في طرف العمود الذي يسبب الانزياح أو الميلان (sway)... (lb. in).

(M_u) – العزم المصعد المطبق على المقطع ... (lb . in).

(M_{ux}) – العزم المصعد المطبق على المقطع حول المحور (X)... (lb. in).

(M_{uy}) – العزم المصعد المطبق على المقطع حول المحور (Y)... (lb. in).

(P_b) – الحمولة المحورية التي يتحملها العمود في الحالة التوازنية... (lb).

(P_c) – حمولة التحنيب الحرجة في الأعمدة... (lb).

(P_{max}) – (الحمولة المسموحة) أو الحمولة المحورية العظمى التي يتحملها العمود ... (lb).

(P_o) – أو الحمولة المحورية العظمى التي يتحملها العمود مع عدم وجود لا مركزية... (lb).

(P_u) – حمولة التحنيب الحرجة في الأعمدة ... (lb).

(r) – نصف قطر العطالة للمقطع المدروس ... (in).

(V_c) – قوة مقاومة أو تحمل الخرسانة للقص ... (lb).

(V_e) – قوة القص الناتجة عن التحميل الزلزالي ... (lb).

(V_{D+L}) – قوة القص الموزعة الناتجة عن الحمولات الميتة والحية الموزعة على المجاز ... (lb).

(V_u) – قوة القص الكلية المصعدة ... (lb).

(V_p) – قوة القص المحسوبة من العزم الذي يتحمله المقطع ... (lb).

(α) – معامل المتانة الإضافية في فولاذ التسليح.

(β_1) – معامل حساب عمق منطقة الضغط في المقطع الخرساني.

(β_2) – نسبة الحمولة المحورية الميتة المصعدة العظمى إلى الحمولة المحورية المصعدة الكلية.

(δ_s) – معامل العزم المصعد الذي يسبب انزياحاً جانبياً أو ميلاناً عرضياً (sway).

(δ_{ns}) – معامل العزم المصعد الذي لا يسبب ميلاناً عرضياً.

(ε_c) – انفعال الخرسانة.

(ε_s) – انفعال فولاذ التسليح.

(φ) – معامل خفض المقاومة.

A ـ 2 تراكيب الحمولات التصميمية Design Load Combinations

يجري تصميم العناصر الخرسانية في برنامج (SAP 2000n) بناءا على تراكيب الحمولات المحددة من قبل المستثمر إضافة للتراكيب التلقائية للكودات المعتمدة فيه.

يقوم البرنامج بتحقيق وتصميم المقاطع المنمذجة على تراكيب الحمولات المعتمدة في الكود (ACI 318 - 95) في حال اعتماد هذا الكود في المسألة المدخلة. وهذه التراكيب هي:

1.4 DL
1.4 DL + 1.7 LL

0.9 DL ± 1.3 WL
0.75 (1.4 DL + 1.7 LL ± 1.7 WL)

0.9 DL ± 1.3 * 1.1 EL
0.75 (1.4 DL + 1.7 LL ± 1.7 * 1.1 EL)

حيث:

(DL) الحمولة الميتة.

(LL) الحمولة الحية

(EL) حمولة الزلازل

(WL) حمولة الرياح.

أما الحمولات الأخرى مثل حمولة الثلج أو الحمولات المتحركة أو الحمولات الديناميكية الأخرى فيتم تعريفها وتعيينها حسب تعليمات البرنامج.

ومن أجل تخفيض مساهمة الحمولات الحية المصعدة في تراكيب الحمولات، يمكن استخدام معاملات خفض هذه الحمولات حصرا بطريقة عنصر ـ عنصر.

ـ يمكن استخدام أية جملة من واحدات القياس ، حيث يقوم البرنامج بعمليات التحويل بشكل تلقائي.

A ـ 3 معاملات خفض المقاومة Strength Reduction Factors

تستخدم هذه المعاملات (φ) مع المقاومة الاسمية للحصول على المقاومة التصميمية للعناصر. ويعطي الكود (ACI 318 - 95) هذه المعاملات كما يلي:

نوع الفعل الداخلية	معامل خفض المقاومة (φ)
ـ انعطاف ...	0.90
ـ شد محوري ...	0.90
ـ شد محوري مع انعطاف ...	0.90
ـ ضغط محوري مع انعطاف	
أعمدة بتسليح حلزوني ...	0.75
أعمدة بتسليح عادي ...	0.70
ـ قص وفتل	0.85

A ـ 4 تصميم الأعمدة Column Design

يتم تصميم الأعمدة في البرنامج كما هو مشروح في المثال (4) في الفصل الثاني، ويمكن تعيين قضبان التسليح من قبل المستثمر حيث يقوم البرنامج بتحقيق المقاطع . كما يمكن للبرنامج أيضا أن يقوم بحساب التسليح بشكل آلي.

يجري تصميم الأعمدة الخرسانية وفق التسلسل التالي:

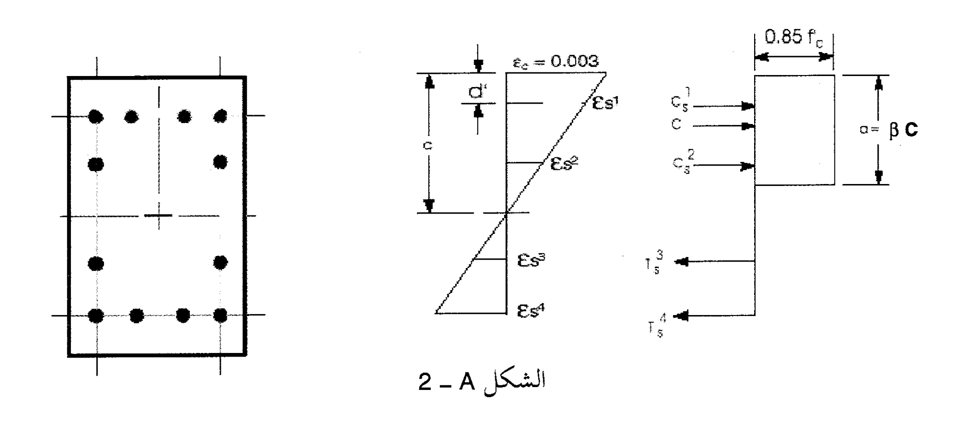
1 ـ يتم توليد مخططات الترابط السطحية (interaction surfaces) لكافة أنواع المقاطع الخرسانية للأعمدة المستخدمة في المنشأ. وتمثل هذه المنحنيات العلاقة بين كل عزم من عزمي الانعطاف في اتجاهين الأعمدة المعامدين للمقطع، وبين القوة المحورية في العمود. (انظر الفقرة A ـ 4 ـ 1 أدناه).

2 ـ يقوم البرنامج بالتحقق من تحمل كل عمود من أعمدة المنشأ لكلٍ من لقوة المحورية المصعدة وعزوم الانعطاف المصعدة في طرفي العمود، والناتجة عن تراكيب الحمولات المعتبرة.

وإذا لم يحدد المستثمر تسليح الأعمدة بشكل مسبق، يقوم البرنامج بحساب المساحة اللازمة لإعطاء نسبة تحمل تساوي الواحد.

3 ـ يتم تصميم مقاطع الأعمدة على جهد القص.

يعتبر الإجهاد المسموح في فولاذ التسليح كنسبة من حد السيلان (f_y)، ويحسب الإجهاد الفعلي من جداء الانفعال (ε_s) بمعامل المرونة (E_s).. ويفترض في الكود (ACI 318 - 95) أن توزع إجهادات الضغط في القسم المضغوط من المقطع المدروس ثابتاً ويساوي ($0.85 f`_c$).



الشكل A ـ 2

تعطى قوة الضغط المحوري العظمى (P_{max}) كما يلي:

ـ للأعمدة المسلحة بتسليح حلزوني:

$$P_{max} = 0.85\,\varphi\,[\,0.85\,f`_c\,(A_g - A_{st}) + f_y\,A_{st}\,]$$

حيث ($\varphi = 0.75$)

ـ للأعمدة المسلحة بتسليح عادي:

$$P_{max} = 0.80\,\varphi\,[\,0.85\,f`_c\,(A_g - A_{st}) + f_y\,A_{st}\,]$$

حيث ($\varphi = 0.70$)

وتتراوح قيمة المعامل (φ) المستخدمة في مخطط الترابط الذي يولده البرنامج بين (φ_{min}) و ($\varphi = 0.90$) من أجل القوة المحورية.

A – 4 – 1 شرح موجز لمنحنيات الترابط * interaction Curves

تعطى معادلات التوازن بين القوى الداخلية والخارجية لعمود مستطيل المقطع ومسلح في طرفيه ومعرض لقوة ضغط محورية لا مركزيتها (e) تولد عزم انعطاف ($M = N.e$) كما يلي، وذلك وفق طريقة الحد الأقصى:

$$(1) \qquad N_{ur} = \varphi(0.85 f'_c\, b\, y + A'_s f'_s + A_s f_s)$$

$$(2) \qquad M_{ur} = N_{ur}.e = \varphi[0.85 f'_c\, b\, y\,(0.5h - 0.5y') + A'_s f'_s\,(0.5h - d') - A_s f_s\,(0.5h - a)]$$

حيث:

(N_{ur}) قوة الضغط الحدية التي يستطيع المقطع تحملها بمرافقة العزم (M_{ur}).

(M_{ur}) عزم الانعطاف الحدي الذي يستطيع المقطع تحمله بمرافقة القوة (N_{ur}).

(f'_c) المقاومة المميزة للخرسانة

(b) عرض المقطع. و (h) ارتفاعه الكلي.

(d) بعد (A'_s) عن طرف المقطع الأقرب إلى (N_u).

(a) بعد (A_s) عن طرف المقطع الأبعد عن(N_u).

(y) ارتفاع منطقة الضغط الاعتباري ويساوي ($0.85\,x$)، حيث(x) المسافة بين أقصى ليف مضغوط في المقطع والمحور السليم.

(A'_s) التسليح الأقرب إلى (N_u) و (A_s) التسليح الأبعد عن (N_u).

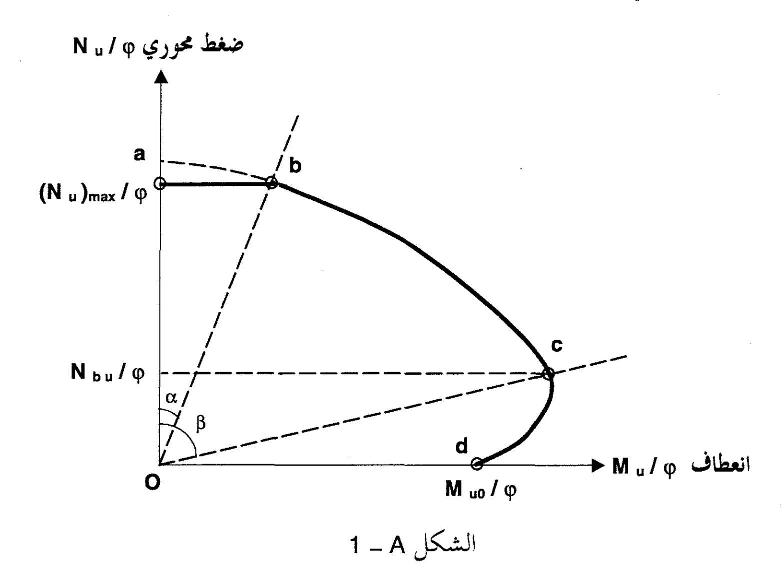
(f_s, f'_s) الإجهاد المطبق في تسليحي الشد والضغط على التوالي، وتعتبر موجبة في حالة الضغط وتعطى من مخططات الانفعالات كما يلي:

$$(3) \qquad f_y \le f'_s = 6300\,\frac{y - 0.85\,d'}{y} \le f_y \quad Kg/cm^2$$

$$(4) \qquad f_y \le f_s = 6300\,\frac{y - 0.85\,d}{y} \le f_y \quad Kg/cm^2$$

يمكن تمثيل العلاقات (1 وحتى 4) أعلاه بمخطط الترابط الموضح في الشكل (A – 1).

* الفقرة (A – 3 – 1) هي فقرة توضيحية عامة ولا تتعلق بالكود (ACI) بالذات – انظر الكود السوري.



الشكل A – 1

ـ مناقشة المخطط:

1 ـ تمثل النقطة (a) مقاومة المقطع النظرية للضغط المحوري الصافي بدون العزم.

2 ـ يمثل مسقط النقطة (b) على محور الضغط المحوري مقاومة المقطع القصوى المسموحة للضغط المحوري بدون عزم أو مع عزم صغير القيمة. ويمثل ميل المستقيم (ob) عن المحور المذكور اللامركزية الدنيا التي يتم تصميم المقاطع على تحملها ($\tan \alpha = e_{min}$).

3 ـ تمثل النقطة (c) الوضعية التوازنية ($\tan \beta = e_b$).

ـ إذا كانت ($e < e_b$) فيتم الوصول إلى الحالة الحدية من خلال انهيار الخرسانة على الضغط، في حين يكون الإجهاد في التسليح الأبعد عن القوة (N_u) إما بحالة ضغط أو بحالة شد أقل من حد السيلان (f_y). وتصل قيمة الإجهاد في التسليح الأقرب إلى القوة (N_u) إما بحالة ضغط أو بحالة شد أقل من حد السيلان حيث تصنف اللامركزية هنا باللامركزية الصغيرة.

ـ إذا كانت ($e > e_b$) فيتم الوصول إلى الحالة الحدية للانهيار بعد وصول إجهاد الشد

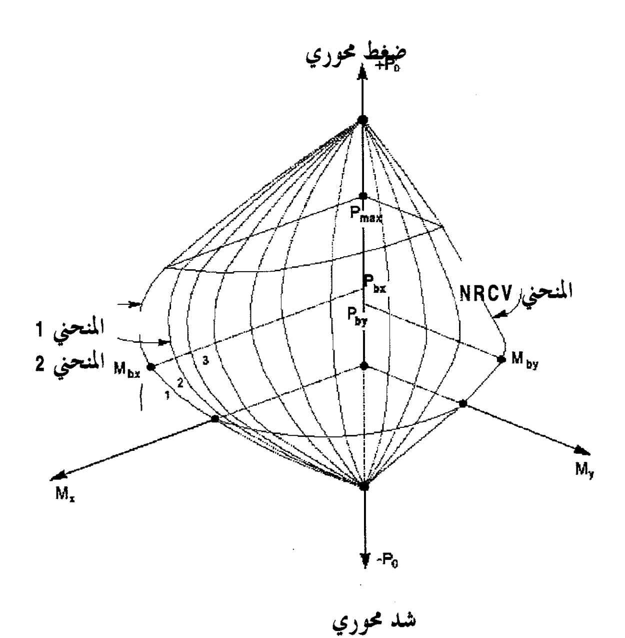
في التسليح الأبعد عن القوة (N_u) إلى حد السيلان وتصنف اللامركزية هنا باللامركزية الكبيرة.

4 ـ تمثل النقطة (d) مقاومة المقطع النظرية للعزم الحدي الصافي (M_u/φ) بدون القوة (N_u).

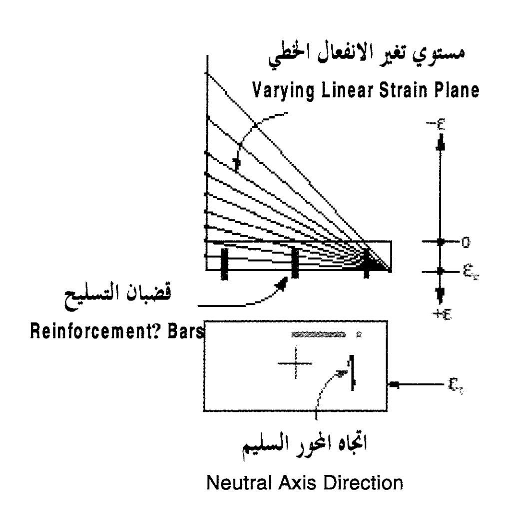
5 ـ يحقق المقطع شرط الأمان في حالة الحد الأقصى إذا وقعت النقطة ($N_u/\varphi, M_u/\varphi$) على مخطط الترابط أو داخله . وفي حالة وقوع هذه النقطة خارج هذا المخطط يعتبر شرط الأمان غير محقق.

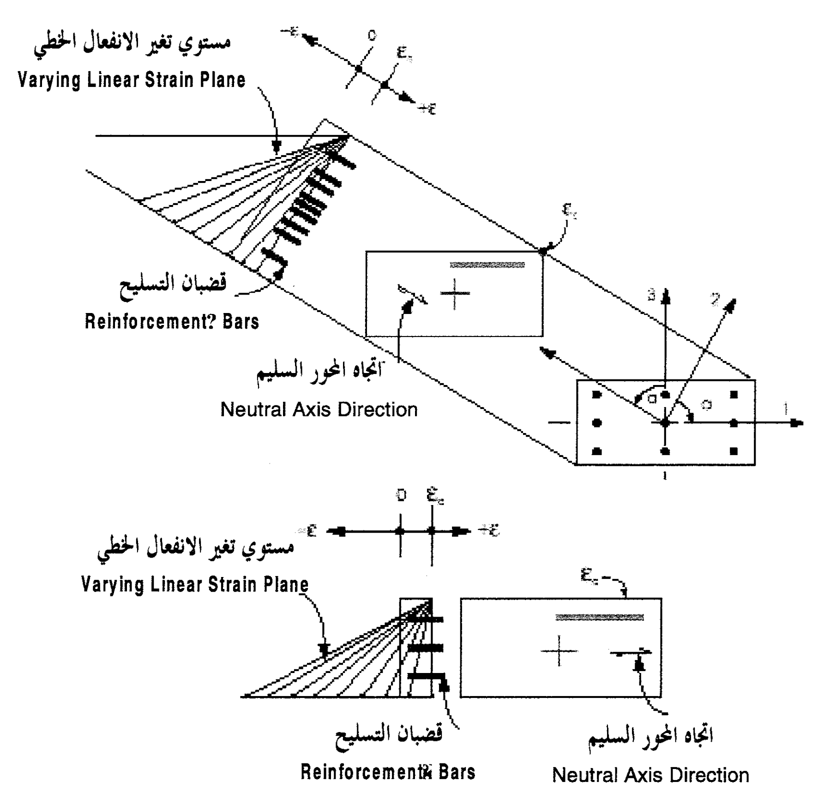
ـ يبين الشكل (A ـ 2) مخطط ترابط نموذجي في الحالة الفراغية العامة (العلاقة بين $M_x, M_y,$ P) المقابلة لإجهاد الانهيار... ويعتمد توليد هذه المخططات في برنامج (Sap 2000) على توزيع الإجهادات والانفعالات وذلك بحسب الكود المعتمد والذي يحدد طرق التوليد هذه. فالانفعال ($\varepsilon_c = 0.003$) في الكود الأمريكي (ACI 318 - 95).

وتجري عمليات التحقق من المقاطع في البرنامج وفق مواقع النقاط المذكورة في البند (5) أعلاه. انظر الشكل (A ـ 3).. انظر الفقرة (A ـ 4 ـ 3) أدناه.



الشكل A ـ 2 ـ مخطط ترابط نموذجي


مستوي تغير الانفعال الخطي
Varying Linear Strain Plane
قضبان التسليح
Reinforcement? Bars
اتجاه المحور السليم
Neutral Axis Direction


مستوي تغير الانفعال الخطي
Varying Linear Strain Plane
قضبان التسليح
Reinforcement? Bars
اتجاه المحور السليم
Neutral Axis Direction
مستوي تغير الانفعال الخطي
Varying Linear Strain Plane
قضبان التسليح
Reinforcement? Bars
اتجاه المحور السليم
Neutral Axis Direction

الشكل A – 3

A ـ 4 ـ 2 التحقق من قدرة تحمل الأعمدة Check Column Capacity

يقوم البرنامج بتحقيق الأعمدة تحت كافة تراكيب الحمولات المحددة في المسألة وعند كل محطة مطلوبة لقراءة النتائج (انظر الفقرة 4 ـ 2 ـ 3 ـ 1 على الصفحة 157 من الجزء الأول). ويتم ذلك وفق الخطوات الثلاث التالية:

1 ـ يتم حساب القوى والعزوم المصعدة (P_u , M_{ux} , M_{uy}) من حالات التحميل وتراكيب الحمولات.

2 ـ يجري تحديد معاملات تصعيد العزوم الخاصة بالأعمدة.

3 ـ تطبيق عوامل التصعيد على العزوم المذكورة والبحث عن (P_u , M_{ux} , M_{uy}) في مخطط الترابط بحيث يتبع هذا التطبيق قابلية العمود للانزياح العرضي (sway)، حيث تصعد العزوم في الأعمدة غير القادرة على الانزياح حين الحاجة بغية تطبيق لامركزية دنيا قدرها ($0.6 + 0.03\,h$) حيث (h) بعد مقطع العمود في الاتجاه المدروس.

ويتم حساب معاملات التصعيد (δ_s لحالة الانزياح مع الاستقرار و δ_{ns} لحالة عدم الانزياح) من أجل استقرار كل عمود ومن أجل استقرار المنشأ ككل، وذلك حول كل من محوري العطالة. ففي تحليل ($P - \Delta$) للأعمدة المعرضة للانزياح يحسب معامل تصعيد الحمولات من أجل التركيب:

$$\frac{0.75}{\varphi}(1.4\,DL + 1.7\,LL)$$

حيث ($\varphi = 0.75$ ... ACI 10.12.3) معامل خفض المقاومة المتعلق باستقرار المنشأ.

يحلل العزم الناتج إلى مركبتين هما:

ـ ($M_{sway} = M_s$) العزم المتعلق بالانزياح والناجم عن حمولات الثقالة.

ـ ($M_{Non\text{-}sway} = M_{ns}$) العزم المتعلق بعدم الانزياح والناجم عن الحمولات الجانبية.

ومن أجل استقرار كل عمود مستقل أو من أجل استقرار أي عنصر في الطابق يعمل كعمود مستقل تعطى قيمة العزم المصعد في أي محطة قراءة من أي عمود وحول أي من محوري الانزياح بالعلاقة:

$$M = M_{ns} + \delta_s M_s$$

حيث (δ_s) معامل تصعيد العزوم الناجمة الانزياح الجانبي. ويعتبر عادة يساوي الواحد باعتبار أن مركبتي (M_s , M_{ns}) ناتجة عن تحليل ($P - \Delta$) من الدرجة الثانية.

أما العزم المصعد الذي يستخدم في التصميم لتحقيق الاستقرار في العناصر المستقلة بغية استقرار المنشأ ككل فيعطى بالعلاقة:

$$M_c = \delta_{ns} M_2$$

حيث (M_2) العزم المصعد الأعظمي في طرف العمود.. ويحسب المعامل (δ_{sn}) كما يلي:

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \dfrac{P_u}{0.75\,P_c}} \geq 1.0$$

حيث.. $P_c = \dfrac{\pi^2 EI}{(kL)^2}$

كما تحسب القيمة (EI) كما يلي:

$$EI = \frac{0.2E_c\, I_g + E_s\, I_{se}}{1 + \beta_d} = \frac{0.4\, E_c\, I_g}{1 + \beta_d}$$

حيث:

$$\beta_d = \frac{\text{maximum factored axial dead load}}{\text{maximum factored axial total load}} \qquad C_m = 0.6 + 0.4\frac{M_a}{M_b} \geq 0.4$$

(M_a , M_b) العزمان في طرفي العمود (M_b) الأكبر.. وتعتبر إشارة (M_a / M_b) سالبة في حالة الانعطاف حول محور واحد وموجبة في حالة الانعطاف المضاعف حول محورين.

وتستخدم علاقة حساب (C_m) السابقة في الحالات التي لا توجد فيها قوى عرضية مطبقة في عقد استناد العمود فقط.

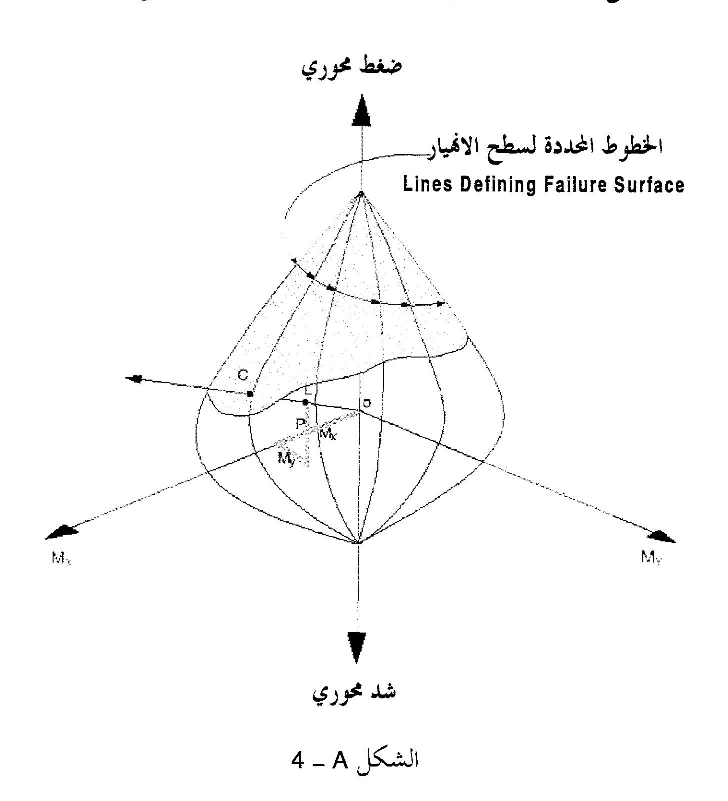
وفي حال وجود مثل هذه القوة، أو في حال تعديل الطول المربوط جانبيا للعمود من قبل المصمم (بحيث يختلف عن الطول الحقيقي) فتعتبر قيمة ($C_m = 1$).. (انظر الفقرة A – 4 – 4 – 4).

إذا تحققت المتراجحة ($\delta_{ns} \geq 1$) أعلاه، فيجب أن يكون ($P_u \leq P_c$).ويشير البرنامج إلى حالة الانهيار في عدم تحقق ذلك.

ـ ملاحظة.. يمكن إدخال قيم (δ_s و δ_{ns}) يدويا في البرنامج.

A ـ 4 ـ 3 التحقق من نسبة قدرة التحمل Determine Capacity Ratio

تعرف نسبة قدرة التحمل بأنها نسبة الإجهاد المطبق إلى الإجهاد الذي يتحمله العمود. ومن أجل أي مقطع يقوم البرنامج بحساب (P_u , M_{ux} , M_{uy}) بعد تصعيدها بالمعاملات المناسبة ومن ثم تحديد موقعها على مخطط الترابط.. ومثال ذلك النقطة (L) في الشكل (A ـ 4)، فلو وقعت هذه النقطة داخل مجال مخطط الترابط لكانت نسبة قدرة التحمل محققة لشرط الأمان.



الشكل A ـ 4

يتم تحديد نسبة قدرة التحمل من أجل نقطة ما مثل (L) تتعلق بمقطع معين كما يلي:

1 ـ نصل النقطتين (O و L) بمستقيم ونمدده لتقاطع مع سطح مخطط الترابط في النقطة (C) حيث تحسب نسبة قدرة التحمل بالشكل ($CR = OL / OC$).

ـ إذا كانت (CR < 1) فالنقطة (L) ضمن مخطط الترابط والمقطع محقق لشرط الأمان.

ـ إذا كانت (CR = 1) فالنقطة (L) على مخطط الترابط والمقطع حرج. ويستخدم البرنامج هذه الحالة في الحالة التي لا يعين فيها المستثمر تسليح العمود.

ـ إذا كانت (CR > 1) فالنقطة (L) خارج مخطط الترابط والمقطع غير محقق لشرط الأمان.

A ـ 4 ـ 4 تصميم تسليح القص في الأعمدة
Design Column Shear Reinforcement

يعمل البرنامج على تصميم الأعمدة وتسلحيها على القص تحت تأثير أي تركيب للحمولات وفق الفقرات الثلاث التالية، مع الإشارة إلى أن تصميم عناصر الإطارات المطاوعة على مقاومة القص يعتمد على قدرة تحمل هذه العناصر.. انظر مفهوم المطاوعة في الجزء الثالث.

A ـ 4 ـ 4 ـ 1 تحديد القوى في المقاطع Determine Section Forces

1 ـ يصمم تسليح القص في أعمدة الإطارات العادية المقاومة للعزوم (Ordinary moment resisting concrete frame) من خلال تحديد القوى المحورية والقاصة (P_U, V_U) في الاتجاه المدروس، والتي تحسب من تجزئة حالات التحميل ومعاملات تراكيب الحمولات الموافقة.

2 ـ يصمم تسليح القص في أعمدة الإطارات الخاصة المقاومة للعزوم (Special moment resisting frames) (حالات الزلازل) بحيث يقوم البرنامج بحساب (M_U^+, M_U^-) من أجل كل قيمة مقابلة للقوة (P_U) الناتجة عن تجزئة تراكيب الحمولات في كل اتجاه . ويتم رسم مخطط الترابط ومن ثم حساب قوة القص التصميمية كما يلي.. انظر الإطارات المقومة للعزوم في الجزء الثالث.

$$V_U = V_P + V_{D+L}$$

حيث:

(V_{D+L}) قوة القص الناجمة عن حمولات الثقالة (تساوي الصفر في معظم الحالات).

(V_P) هي قوة القص المحددة من قدرة تحمل العزوم في طرفي العمود والتي تؤثر باتجاهين متعاكسين، والتي تحسب كما يلي:

$$V_{P_1} = \frac{M_I^- + M_J^-}{L} \qquad V_{P_2} = \frac{M_I^+ + M_J^-}{L}$$

(M_i^+, M_i^-) قدرة تحمل العزوم الموجبة والسالبة في الطرف (i) للعمود مع أخذ حد سيلان الفولاذ (αf_y) بالاعتبار دون استخدام المعامل (φ). وتعتبر ($\alpha = 1.25$) حسب (ACI 318 - 95) من أجل الإطارات الخاصة المقاومة للعزوم.. (انظر الفقرة A ـ 6 ـ 1 ـ 1 أدناه).

(M_j^+, M_j^-) قدرة تحمل العزوم الموجبة والسالبة في الطرف (j) للعمود.

(L) المجاز الصافي للعمود.

3 ـ تحسب قوة القص التصميمية في أعمدة الإطارات المقاومة بشكل معتدل للعزوم (حالة وسط بين النوعين السابقين) (Intermediate moment resisting frames) كما في الحالة السابقة مع اعتبار ($\alpha = 1.00$) مع الأخذ بالاعتبار المعاملات المتعلقة بالحمولات الزلزالية.

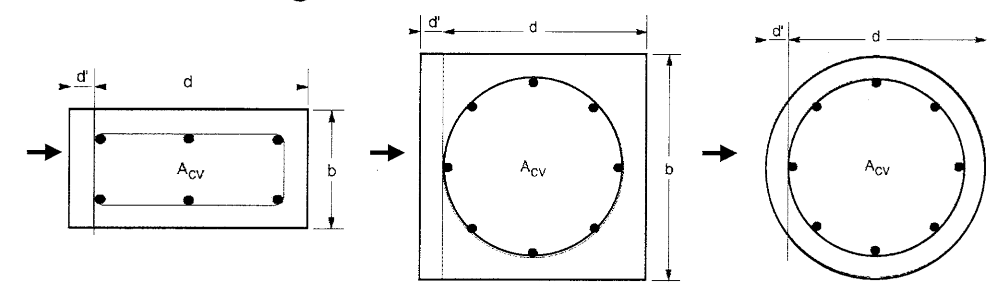
A ـ 4 ـ 4 ـ 2 تحديد قدرة تحمل الخرسانة للقص Determine Concrete Shear Capacity

1 ـ تحسب قوى القص المطبقة على الأعمدة (V_c) كما يلي:

$$V_c \le 3.5\sqrt{f_c'}\sqrt{\left(1 + \frac{P_u}{500 A_g}\right)} A_{cv} \qquad \text{و} \qquad V_c = 2\sqrt{f_c'}\left(1 + \frac{P_u}{2000 A_g}\right) A_{cv}$$

حيث .. $\sqrt{f_c'} \le 100\,\text{psi}$ وتقدر (P_u / A_g) بواحدة (psi).

(A_{cv}) مساحة القص الفعالة والموضحة في الشكل (A ـ 5) لنماذج مختلفة من الأعمدة.



الشكل A ـ 5

→ اتجاهات القص

A – 4 – 4 – 3 تحديد تسليح القص اللازم Determine Required Shear Reinforcement

تحسب مساحة الأساور ذات التباعد (s) كما يلي:

$$A_v = \frac{(V_u/\varphi - V_c)s}{f_{ys}\, d}$$

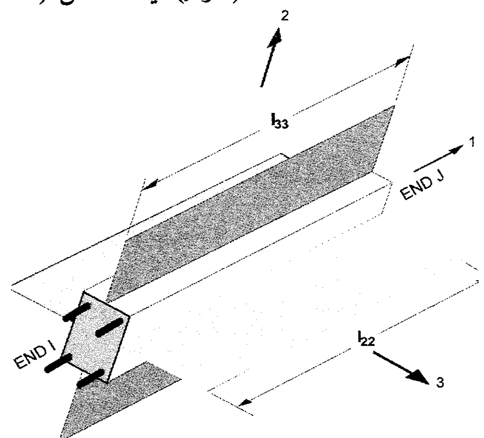
شريطة تحقيق المتراجحة:

$$(V_u / \varphi - V_c) \le 8\sqrt{f_c'} A_{cv}$$

وإذا لم تتحقق هذه المتراجحة فيجب تغير أبعاد المقطع.

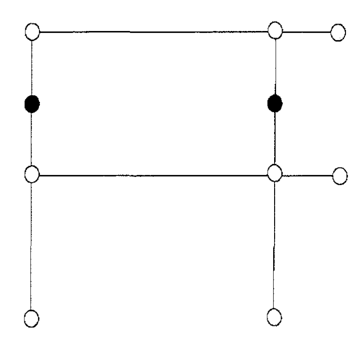
A – 4 – 4 – 4 أطوال العناصر غير المدعمة جانبيا Element Unsupported Lengths

يطلب إدخال تأثير النحافة في تصميم الأعمدة حساب الأطوال غير المقيدة ضد الانزياح الجانبي (L33 L22) في الاتجاهين (2 و 3).. ففي الحالات العادية يكون هذا الطول مساويا للطول الحقيقي للعنصر كالمسافة بين العقدتين (i و j) في الشكل (A – 6).



الشكل A – 6 – محاور الانعطاف والأطوال غير المدعمة

يوضح الشكل (A – 7) تأثير العقد الداخلية على الأطوال غير المدعمة حيث تدخل هذه التأثيرات تلقائيا في حساب (L33 L22). كما يمكننا البرنامج من تحديد هذه الأطوال يدويا.



الشكل A ـ 7 ـ الطول غير المدعم والعقد الداخلية

A ـ 4 ـ 4 ـ 5 تأثيرات (P - Δ) P - Δ Effects

يتم تضمين تأثيرات (P - Δ) في نتائج التحليل لكل من العناصر المدعمة وغير المدعمة جانبيا ويعتمد هذا التأثير في الحالة الأولى على استقرار العنصر المستقل ، حيث يجري تصعيد العزوم من خلال العوامل المعتمدة في الكود. أما في الحالة الثانية فيضاف لذلك تأثير الانزياح الجانبي الكلي .. (انظر الفقرة 1 ـ 2 ـ 4 في الفصل الأول).

A ـ 5 تصميم الكمرات Beams Design

بعد افترض أبعاد المقطع يقوم البرنامج بحساب تسليحي الانعطاف والقص بحسب اتجاه محور العطالة الأكبر للمقطع. وذلك كما في الفقرتين التاليتين:

A ـ 5 ـ 1 تصميم تسليح الانعطاف في الكمرات
Design Beam Flexural Reinforcement

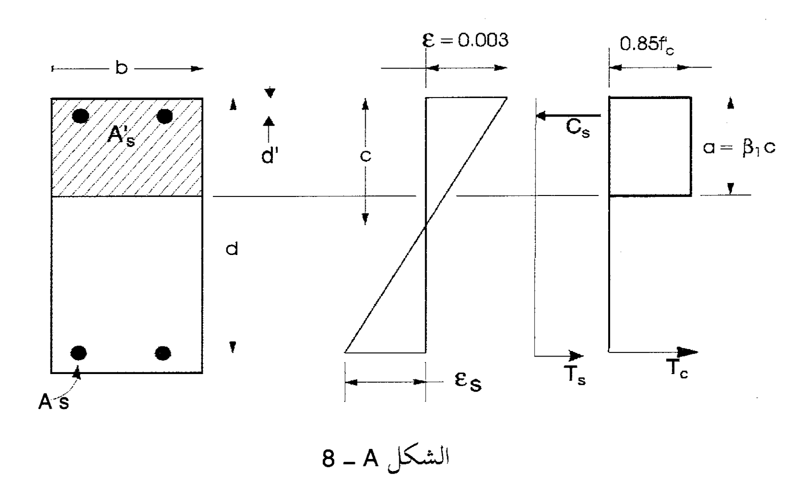
يقوم البرنامج بتصميم تسليح الانعطاف العلوي والسفلي عند المحطات المحددة في المسألة وحسب محور العطالة الكبير بعد أن يقوم حساب العزوم المصعدة الأعظمية لكافة حالات التحميل وتراكيب الحمولات، وذلك لكل من عناصر الإطارات العادية والمقاومة للعزوم والمتوسطة.

ـ ملاحظة هامة:

يصمم البرنامج التسليح العلوي بناءا على قيم العزوم السالبة. في حين يصمم التسليح السفلي بالاستناد إلى العزوم الموجبة بمقطع (T) أو مستطيل. انظر الفقرتين التاليتين.

يعتمد (ACI 318 - 95) مخططات الانفعالات والإجهادات كما في الشكل (A ـ 8)، ويعتبر البرنامج قيمة الضغط الذي تتحمله الخرسانة مساويا (0.75) من قيمته في الحالة التوازنية.

تحسب مساحة تسليح الشد كما هو موضح في الفقرة التالية، كما تحسب مساحة تسليح الضغط ليتحمل العزم الفائض عن قدرة تحمل المقطع في الحالة التوازنية.



الشكل A ـ 8

A ـ 5 ـ 1 ـ 1 تصميم الكمرات ذات المقطع المستطيل Design for Rectangular Beam

1 ـ يحسب الارتفاع الفعال للمقطع من أجل حساب تسليحي الشد والضغط من العلاقة:

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2\left|M_u\right|}{0.85 f_c' \varphi b}}$$

حيث (φ = 0.90).

2 ـ تحسب المعاملات (β_1 , c_b) كما يلي:

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05\left(\frac{f_c' - 4000}{1000}\right) \qquad 0.65 \le \beta_1 \le 0.85$$

$$c_b = \frac{87000}{87000 + f_y} d$$

3 ـ إذا كان الارتفاع الفعال ($a \le 0.75\ \beta_1 . c_b$) فالمقطع لا يحتاج لتسليح ضغط.. أما تسليح الشد (العلوي أو السفلي حسب العزم) فيحسب بالعلاقة:

$$A_s = \frac{M_u}{\varphi f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)}$$

4 ـ إذا كان ($a > 0.75\,\beta_1 . c_b$) فيجب تسليح المقطع على الضغط ويحسب التسليح في هذه الحالة كما يلي:

ـ يحسب ارتفاع منطقة الضغط من العلاقة:

$$a_b = 0.75\,\beta_1 . c_b$$

ـ تحسب قوة الضغط في الخرسانة من العلاقة:

$$C = 0.85\, f`_c . b . a_b$$

ـ يحسب العزم الذي تقاومه الخرسانة المضغوطة وتسليح الشد بالعلاقة:

$$M_{uc} = C\left(d - \frac{a_b}{2} \right)\varphi$$

ـ يحسب العزم الذي يقاومه تسليحا الشد والضغط بالعلاقة:

$$M_{US} = M_U - M_{UC}$$

ـ تحسب مساحة فولاذ الضغط بالعلاقة:

$$A_s' = \frac{M_{us}}{f_s'(d - d')\varphi}$$

حيث..

$$f_s' = 0.003\, E_s \left[\frac{c - d'}{c} \right]$$

ـ تحسب مساحة فولاذ الشد الذي يوازن ضغط الخرسانة بالعلاقة:

$$A_{s1} = \frac{M_{uc}}{f_y(d - \frac{a_b}{2})\varphi}$$

ـ تحسب مساحة فولاذ الشد الذي يوازن تسليح الضغط بالعلاقة:

$$A_{s2} = \frac{M_{us}}{f_y(d - d')\varphi}$$

ـ تحسب أخيرا مساحة فولاذ الشد الكلي اللازم بالعلاقة:

$$A_S = A_{S1} + A_{S2}$$

A – 5 – 1 – 2 تصميم الكمرات ذات المقطع (T) Design for T-Beam

1 ـ تصمم هذه المقاطع من أجل حساب التسليح العلوي لمقاومة العزوم السالبة كالمقاطع المستطيلة الموضحة في الفقرة السابقة.

2 ـ يحسب الارتفاع الفعال للمقطع من أجل تصميم التسليح لمقاومة العزوم الموجبة كما يلي:

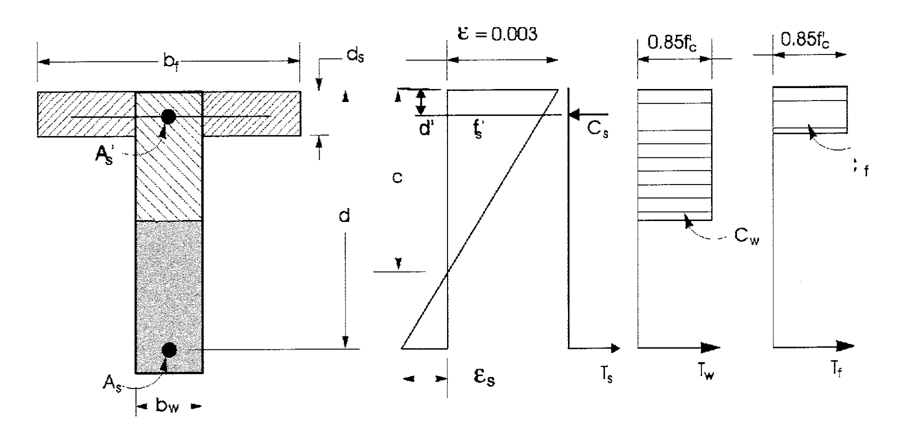
$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2\,M_u}{0.85 f_c'\,\varphi\, b_f}}$$

حيث يحسب ارتفاع منطقة الضغط من العلاقة:

$$a_b = 0.75\,\beta_1 \,.\, c_b$$

3 ـ إذا كان الارتفاع الفعال ($a \le d_S$) فتستخدم علاقات كالمقاطع المستطيلة الموضحة في الفقرة السابقة مع اعتبار عرض جناح الضغط مساو لعرض المقطع المستطيل... ويجب تأمين تسليح ضغط للمقطع عندما يكون ($a > a_b$).. كافة المصطلحات موضحة في بداية هذا الملحق.

4 ـ إذا كان الارتفاع الفعال ($a > d_S$) فيحسب التسليح كما يلي (الشكل A ـ 9):



الشكل A ـ 9

ـ تعطى قيمة (A_{s1}) اللازمة لموازنة الضغط في الجناح بالعلاقة:

$$A_{s1} = \frac{C_f}{f_y}$$

حيث..

$$C_f = 0.85 f_c' (b_f - b_w) d_s$$

ـ يحسب العزم المنقول من خلال الجناح (الشفة) بالعلاقة:

$$M_{uf} = C_f \left(d - \frac{d_s}{2} \right) \varphi$$

حيث ($\varphi = 0.90$).

ـ يحسب العزم المنقول من خلال الجذع بالعلاقة:

$$M_{uw} = M_u - M_{uf}$$

ـ يحسب عمق المقطع المستطيل ($b_w . d$) للجذع بالعلاقة:

$$a_1 = d - \sqrt{d^2 - \frac{2M_{uw}}{0.85 f_c' \varphi b_w}}$$

ـ عندما يكون ($a < a_b$) فيحسب تسليح الشد بالعلاقة:

$$A_{s2} = \frac{M_{uw}}{\varphi f_y \left(d - \frac{a_1}{2} \right)}$$

ـ تحسب مساحة فولاذ الشد الكلي اللازم في أسفل الجذع بالعلاقة:

$$A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

5 ـ إذا كان ($a_1 > a_b$) فينبغي تأمين تسليح ضغط كما يلي:

ـ تحسب قوة الضغط في الجذع بالعلاقة:

$$C = 0.85 f_c' b a_b$$

ـ يحسب العزم المنقول في الجذع بالعلاقة:

$$M_{uc} = C \left(d - \frac{a_b}{2} \right) \varphi$$

ـ يعطى العزم الذي يقاومه تسليحا الشد والضغط في الجذع بالعلاقة:

$$M_{us} = M_{uw} - M_{uc}$$

ـ تعطى مساحة فولاذ الضغط بالعلاقة:

$$A_s' = \frac{M_{us}}{f_s'(d - d')\varphi}$$

حيث..

$$f_s' = 0.003\,E_s\left[\frac{c - d'}{c}\right]$$

ـ تعطى مساحة فولاذ الشد الذي يوازن ضغط الخرسانة في الجذع بالعلاقة:

$$A_{s3} = \frac{M_{us}}{f_y(d - d')\varphi}$$

ـ تصبح أخيراً مساحة فولاذ الشد الكلي في الجذع:

$$A_S = A_{S1} + A_{S2} + A_{S3}$$

A ـ 5 ـ 1 ـ 3 تسليح الشد الأدنى Minimum Tensile Reinforcement

تؤخذ مساحات التسليح الأدنى لمقاومة الشد في كمرات الإطارات العادية المقاومة للعزوم (Ordinary moment resisting concrete frame) حسب الكود (ACI 318 - 95) من أكبر القيمتين التاليتين:

$$A_s \geq \max\left\{\frac{3\sqrt{f_c'}}{f_y}b_w d \quad \text{and} \quad \frac{200}{f_y}b_w d\right\}$$

$$A_s \geq \frac{4}{3}A_{s(required)}.$$

A ـ 6 اعتبارات خاصة بالتصميم الزلزالي

Special Consideration for Seismic Design

ينبغي أن تحقق الكمرات في الإطارات الخاصة المطاوعة والمقاومة للزلازل متطلبات الفقرات السابقة علاوة على المتطلبات التالية:

1 ـ يجب أن تسلح الكمرات من الجهتين العلوية والسفلية بمساحة دنيا لا في أي من هذين عن القيمة التالية:

$$A_{s(min)} \geq \frac{1.4}{f_y} b_w d$$

2 ـ يجب ألا تزيد مساحة تسليح الانعطاف عن:

$$A_s \leq 0.025\, b_w d$$

3 ـ يجب ألا تقل قدرة تحمل الكمرة للانعطاف الموجب عن المساند نصف قدرتها لتحمل لانعطاف السالب.. وتسلح هذه المقاطع على هذا الأساس.

4 ـ يجب ألا تقل قدرة تحمل الكمرة للانعطاف الموجب أو السالب في أي نقطة من المجاز عن ربع قدرتها لتحمل للانعطاف الموجب أو السالب عند المساند.

ينبغي أن تحقق الكمرات في الإطارات المطاوعة والمقاومة للزلازل بشكل متوسط المتطلبات التالية:

1 ـ يجب ألا تقل قدرة تحمل الكمرة للانعطاف الموجب عن المساند ثلث قدرتها لتحمل لانعطاف السالب.

2 ـ يجب ألا تقل قدرة تحمل الكمرة للانعطاف الموجب أو السالب في أي نقطة من المجاز عن خمس قدرتها لتحمل للانعطاف الموجب أو السالب عند المساند.

A ـ 6 ـ 1 تصميم تسليح القص في الكمرات Design Beam Shear Reinforcement

يجري تصميم تسليح القص في الإطارات المقاومة للزلازل الخاصة والمتوسطة كما في الفقرات الثلاث التالية:

A ـ 6 ـ 1 ـ 1 تحديد قوى القص والعزوم Determine Shear Force and Moment

1 ـ يصمم تسليح القص والعزم في كمرات الإطارات العادية من خلال قيم هذه الأفعال المحسوبة وفق التراكيب المحددة مع المعاملات المرتبطة بها.

2 ـ تحسب قوة القص (V_U) في كمرات الإطارات الخاصة من خلال قدرة تحمل العزم في أطراف الكمرة ومن قوى القص الناجمة عن الثقالة كما في حالة الأعمدة.. انظر الفقرة (A ـ 4 ـ 4 ـ 1) أعلاه.

$$V_U = V_P + V_{D+L}$$

حيث

(V_P) هي قوة القص المحددة من قدرة تحمل العزوم في طرفي الكمرة والتي تؤثر باتجاهين متعاكسين، والتي تحسب كما يلي:

$$V_{P_1} = \frac{M_I^- + M_J^+}{L}$$

$$V_{P_2} = \frac{M_I^+ + M_J^-}{L}$$

(M_i^-, M_j^-) قدرة تحمل العزم السالب في الطرفين (i و j) على للكمرة على التوالي (التسليح العلوي بحالة شد)، مع أخذ حد سيلان الفولاذ (αf_y) بالاعتبار دون استخدام المعامل (φ).

(M_i^+, M_j^+) قدرة تحمل العزم الموجب في الطرفين (i و j) على للكمرة على التوالي (التسليح السفلي بحالة شد)، مع أخذ حد سيلان الفولاذ (αf_y) بالاعتبار دون استخدام المعامل (φ).

(L) المجاز الصافي للكمرة. وتعتبر ($\alpha = 1.25$) حسب (ACI 318 - 95) من أجل الإطارات الخاصة المقاومة للعزوم.

3 ـ تحسب قوة القص في كمرات الإطارات المتوسطة من خلال قدرة العزم الاسمي المصعد كما حالة الأعمدة مع اعتبار ($\alpha = 1.00$).

يبين الجدول أدناه مقارنة بين متطلبات تحقيق وتصميم الأنواع المختلفة من عناصر الإطارات.

مقارنة بين متطلبات تحقيق وتصميم الأنواع المختلفة من عناصر الإطارات			
نوع التحقيق والتصميم	الإطارات العادية المقاومة للعزوم (بدون زلازل)	الإطارات المتوسطة المقاومة للعزوم (زلازل)	الإطارات الخاصة المقاومة للعزوم (زلازل)
تحقيق الأعمدة حسب مخطط الترابط	تراكيب الحمولات (NDL).. **ترمز (NDL) لرقم حالة التحميل.**		
تصميم الأعمدة حسب مخطط الترابط	NDL $1\% < \rho < 8\%$	NDL $1\% < \rho < 8\%$	NDL , $\alpha = 1.0$ $1\% < \rho < 6\%$
تصميم القص في الأعمدة	تراكيب NDL	تراكيب NDL معدلة ومصعدة بسبب الزلازل. قدرة تحمل للعمود $\varphi = 1.0$ and $\alpha = 1.0$	تراكيب NDL قدرة تحمل للعمود $\varphi = 1.0$ and $\alpha = 1.0$
تصميم الكمرات على الانعطاف	تراكيب NDL	تراكيب NDL	تراكيب NDL $\rho \le 0.025$ $\rho \ge \frac{3\sqrt{f'_c}}{f_y}, \rho \ge \frac{200}{f_y}$
تحقيق الكمرات عند سيطرة العزم الأدنى	لا توجد متطلبات خاصة	$M^{+}_{uEND} \ge \frac{1}{3} M^{-}_{uEND}$ $M^{+}_{uSPAN} \ge \frac{1}{5}\max\{M^{+}_{u}, M^{-}_{u}\}_{END}$ $M^{-}_{uSPAN} \ge \frac{1}{5}\max\{M^{+}_{u}, M^{-}_{u}\}_{END}$	$M^{+}_{uEND} \ge \frac{1}{2} M^{-}_{uEND}$ $M^{+}_{uSPAN} \ge \frac{1}{4}\max\{M^{+}_{u}, M^{-}_{u}\}_{END}$ $M^{-}_{uSPAN} \ge \frac{1}{4}\max\{M^{-}_{u}, M^{-}_{u}\}_{END}$
تصميم الكمرات على القص	تراكيب NDL	تراكيب NDL معدلة ومصعدة بسبب الزلازل. قدرة تحمل الكمرة للقص مع (V_P) $\varphi = 1.0$ and $\alpha = 1.0$ (V_{D+L}) +	تراكيب NDL معدلة ومصعدة بسبب الزلازل. قدرة تحمل الكمرة للقص مع (V_P) $\varphi = 1.25$ and $\alpha = 1.0$ (V_{D+L}) = و $(V_C = 0)$.

A – 6 – 1 – 2 تحديد قدرة تحمل الخرسانة للقص Determine Concrete Shear Capacity

تعطى قدرة تحمل الخرسانة للقص حسب (ACI 318 - 95) بالعلاقة:

$$V_c = 2\sqrt{f'_c}\, b_w d$$

وتعتبر (V_c) مساوية للصفر في تصميم الإطارات الخاصة المقاومة للعزوم إذا كان:

$$P_U < f'_c A_g / 20 \quad , \quad V_E \geq 0.50 V_U$$

حيث:

(P_u) ـ قوة الضغط المحورية المصعدة مشتملة على تأثير الحمولة الزلزالية... (lb).

(V_E) ـ قوة القص من الحمولة الزلزالية... (lb).

(V_u) ـ قوة القص الكلية... (lb).

A ـ 6 ـ 1 ـ 3 تحديد متطلبات تسليح القص Determine Required Shear Reinforcement

يتم حساب مساحة تسليح القص في واحدة الطول من الكمرة من العلاقة:

$$A_v = \frac{(V_u/\varphi - V_c)\ s}{f_{ys}\ d}$$

ويقاوم التسليح قوة قص قدرها

$$\left(V_u/\varphi - V_c \right) \leq 8\sqrt{f'_c}\,bd$$

حيث ($\varphi = 0.85$).

ـ ملاحظة:

انظر الفصول التالية في الملف المساعد (SAPCONC) من أجل الاطلاع على متطلبات الكودات الأخرى التي يعتمدها البرنامج في تصميم الخرسانة.

ـ الفصل (V) متطلبات الكود الكندي (CAN3-A23.3-M84).

ـ الفصل (VI) متطلبات الكود البريطاني (CBS 8110-85).

ـ الفصل (VII) متطلبات الكود الأوروبي (CEN 1992).

الملحق B ... تصميم الفولاذ وفق بعض الكودات المعتمدة في البرنامج

موجز حول متطلبات تصميم الفولاذ وفق الكود الأمريكي AISC-ASD89

- ***توضيح***

بعد ترجمة الملف المساعد في دليل البرنامج الإرشادي (SAPSTEEL Chapter IV) تم إيجاز هذا الملحق مع بعض التصرف في صياغة الفقرات، كما أضيفت بعض الشروحات والفقرات التوضيحية المتعلقة بالموضوع المطروح علاوة على بعض المعلومات من الفصل (III) من الملف المذكور... (انظر الصفحة 41 من .SAPCONC).

B ـ 1 مصطلحات الكود وواحدات القياس

(A) ـ مساحة مقطع معين ... (in^2).

(A_f) ـ مساحة جناح المقطع العرضي... (in^2).

(A_g) ـ المساحة الكلية للمقطع العرضي... (in^2).

(A_{v2} , A_{v3}) ـ المساحة الفعالة للقص في الاتجاهين (22 و 33) ... (in^2).

(A_w) ـ مساحة جذع المقطع ($d . t_w$) ... (in^2).

(b) ـ طول الساق الاسمي لمقطع زاوية ... (in).

ـ للمقاطع الملحومة $b = b_f - 2 t_w$

ـ للمقاطع الصندوقية المسحوبة (المدلفنة) (TS) $b = b_f - 3 t_f$

(l_c) ـ الطول الحرج ... (in).

(l_{22} , l_{33}) ـ الطولان غير المسنودين جانبياً في الاتجاهين (22 و 33) ... (ksi).

(k) ـ المسافة بين الجذع والخارجي للجناح ... (in).

(K) ـ معامل الطول الفعال.

(K_{22} , K_{33}) ـ معاملا الطول الفعال في الاتجاهين (22 و 33).

(M_{22} , M_{33}) ـ عزما الانعطاف في الاتجاهين (22 و 33) ... (kip . in).

(k_c) ـ معامل يستخدم لتصنيف المقاطع.

ـ إذا كان ($h / t_w > 70$) يكون　$K_c = 4 / (h / t_w)^{0.46}$

ـ إذا كان ($h / t_w \leq 70$) يكون　$K_c = 1$

(P) ـ القوة المحورية... (kips).

(r) ـ نصف قطر العطالة ... (in).

(r_2) ـ نصف قطر العطالة الأدنى لمقاطع الزوايا ... (in).

(r_{22} , r_{33}) ـ نصفا قطري العطالة في الاتجاهين (22 و 33).

(S) ـ معامل المقطع... (in^3).

(S_{22} , S_{33}) ـ معاملا المقطع في الاتجاهين (22 و 33).

(t) ـ السماكة... (in).

(t_f) ـ سماكة الجناح... (in).

(t_w) ـ سماكة الجذع... (in).

(V_2 , V_3) ـ قوة القص في الاتجاهين (22 و 33).

(λ) ـ معامل النحافة.

B ـ 2 تراكيب الحمولات التصميمية Design Load Combinations

يجري تصميم العناصر الخرسانية في برنامج (SAP 2000n) بناءاً على تراكيب الحمولات المحددة من قبل المستثمر أو على التراكيب التلقائية للكودات المعتمدة فيه.

يقوم البرنامج بتحقيق وتصميم المقاطع المنمذجة على تراكيب الحمولات المعتمدة في الكود (AISC-ASD89) في حال اعتماد هذا الكود في المسألة المدخلة. وهذه التراكيب هي:

DL
DL + LL

DL ± WL
DL + LL ± WL

DL ± EL
DL + LL ± EL

حيث:

(DL) الحمولة الميتة.

(LL) الحمولة الحية

(EL) حمولة الزلازل

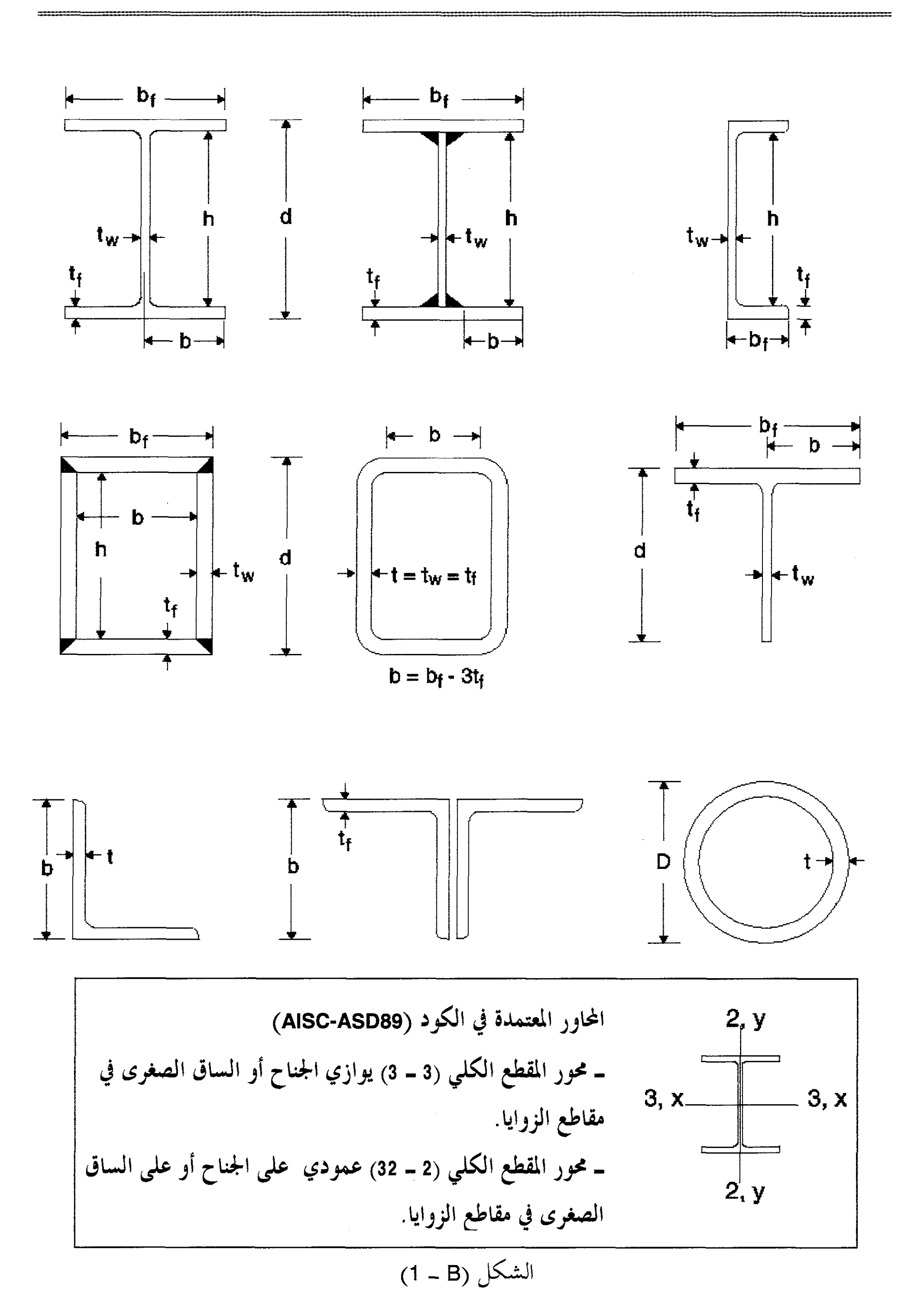
(WL) حمولة الرياح.

يصعد الكود المذكور الإجهادات المسموحة بنسبة (33%) عند تضمين التراكيب حمولات الزلازل أو الرياح. ومن أجل تخفيض مساهمة الحمولات الحية المصعدة في تراكيب الحمولات، يمكن استخدام معاملات خفض هذه الحمولات حصرا بطريقة عنصر ـ عنصر.

B ـ 3 تصنيف المقاطع Classification of Sections

تتعلق الإجهادات المسموحة على الضغط المحوري أو على الانعطاف بأنواع المقاطع التي يمكن تقسيمها إلى متراصة وغير متراصة ونحيفة، كما في الشكل (B ـ 1) والجدول (B ـ 1) أدناه.. وتعرف المقاطع المتراصة أو غير المتراصة بأنها مقاطع غير نحيفة.

يعمل البرنامج على التحقق من المقاطع في المسألة المدروسة، فإذا تم تحقيق شروط الجدول المذكور فإن المقطع يصنف إما متراص أو غير متراص. وفي الحالة الأخرى يصنف المقطع نحيفا.


bf
b
h
d
tw
tf
t = tw = tf
b = bf - 3tf
D
t
2, y
3, x
3, x
2, y
المحاور المعتمدة في الكود (AISC-ASD89)
ـ محور المقطع الكلي (3 ـ 3) يوازي الجناح أو الساق الصغرى في مقاطع الزوايا.
ـ محور المقطع الكلي (2 ـ 32) عمودي على الجناح أو على الساق الصغرى في مقاطع الزوايا.

الشكل (B ـ 1)

الجدول (B – 1) حدود نسب العرض إلى السماكة (نسبة التراص) وفق الكود (AISC-ASD89)

نوع المقطع	النسبة المختبرة	مقاطع متراصة	مقاطع غير متراصة	مقاطع غير متراصة على الضغط
عام	–	تفترض المقاطع متراصة		
مستطيل	–	تفترض المقاطع غير متراصة		
I I-SHAPE	$b_f/2t_f$ مدلفن	$\le \frac{0.65}{\sqrt{f_y}}$	$\le \frac{0.95}{\sqrt{f_y}}$	$\le \frac{0.95}{\sqrt{f_y}}$
	$b_f/2t_f$ ملحوم	$\le \frac{0.65}{\sqrt{f_y}}$	$\le \frac{0.95}{\sqrt{f_y/K_c}}$	$\le \frac{0.95}{\sqrt{f_y}}$
	d/t_w	$\le \frac{640}{\sqrt{f_y}}(1-3.74\frac{f_a}{f_y})$ For $\frac{f_a}{f_y} \le 0.16$ $\le \frac{257}{\sqrt{f_y}}$ For $\frac{f_a}{f_y} > 0.16$	–	$\le \frac{253}{\sqrt{f_y}}$
	h/t_w	–	$\le \frac{760}{\sqrt{f_y}}$	–
صندوقي Box	b/t_w	مدلفن $\le \frac{190}{\sqrt{f_y}}$	$\le \frac{238}{\sqrt{f_y}}$	$\le \frac{253}{\sqrt{f_y}}$
	d/t_w	مطابق للمقطع I	–	–
	h/t_w	–	مطابق للمقطع I	$\le \frac{253}{\sqrt{f_y}}$
مجراة Channel	b_f/t_f	من أجل $(P \le 0)$ مطابق للمقطع I	$\le \frac{0.95}{\sqrt{f_y}}$	$\le \frac{0.95}{\sqrt{f_y}}$
		من أجل $(P = 0)$ غير قابل للاستخدام	$\le \frac{0.95}{\sqrt{f_y}}$	$\le \frac{0.95}{\sqrt{f_y}}$
	h/t_w	غير قابل للاستخدام	مطابق للمقطع I	$\le \frac{0.95}{\sqrt{f_y}}$

تتمة الجدول (B – 1)				
نوع المقطع	النسبة المختبرة	مقاطع متراصة	مقاطع غير متراصة	مقاطع غير متراصة على الضغط
T T-shape	$b_f / 2t_f$	غير قابل للاستخدام	$\le \frac{0.95}{\sqrt{f_y}}$	$\le \frac{0.95}{\sqrt{f_y}}$
	d / t_w	غير قابل للاستخدام	$\le \frac{127}{\sqrt{f_y}}$	$\le \frac{127}{\sqrt{f_y}}$
زوايا Angle	b / t	غير قابل للاستخدام	$\le \frac{76}{\sqrt{f_y}}$	$\le \frac{76}{\sqrt{f_y}}$
قضبان مسحوبة Round BAR	–	تفترض المقاطع متراصة		
أنابيب PIPE	D / t	$\le \frac{3300}{\sqrt{f_y}}$	–	$\le \frac{3300}{\sqrt{f_y}}$
زوايا مزدوجة Double Angle	b / t	غير قابل للاستخدام	$\le \frac{0.95}{\sqrt{f_y}}$ Sep.	$\le \frac{0.95}{\sqrt{f_y}}$ Sep.

B – 4 حساب الإجهادات الفعلية Calculation of Actual Stresses

تعطى الإجهادات المطبقة على المقاطع لكل تركيب من تراكيب الحمولات كما يلي:

$$f_a = P/A$$
$$f_{b33} = M_{33}/S_{33}$$
$$f_{b22} = M_{22}/S_{22}$$
$$f_{v2} = V_2/A_{v2}$$
$$f_{v3} = V_3/A_{v3}$$

B – 5 حساب الإجهادات المسموحة Calculation of Allowable Stresses

تحسب إجهادات الشد والضغط والانعطاف والقص المسموح تطبيقها على المقاطع المتراصة وغير المتراصة كما في الفقرات الأربع التالية، وذلك من أجل كافة حالات التحميل المعنية.

ويمكن تطبيق معاملات التخفيض على الإجهادات المسموحة للمقاطع النحيفة والمقاطع غير المتناظرة أو المتناظرة فقط حول محور واحد تحدد قيمها من قبل المستثمر بشكل منفصل. وذلك من أجل اعتبارات خاصة بتركيبات الفتل مع الانعطاف، والفتل مع التحنيب.

ـ ملاحظة:

إذا أعطى المستثمر قيما للإجهادات المسموحة لا تساوي الصفر في أمر (Redefine Element Design Data) فإن ذلك يلغي قيم الإجهادات الافتراضية المسموحة في الكود... أما القيمة (0) فهي تعبر عن رمز في البرنامج لاستخدام القيم الافتراضية.

B ـ 5 ـ 1 الإجهادات المسموحة على الضغط Allowable Stress in Compression

تتعلق قيمة إجهاد الضغط المحوري المسموح (F_a) للمقاطع المتراصة وغير المتراصة على كل من نسبة النحافة (Kl/r) والمعامل (C_c)، مع الإشارة إلى أن نسبة النحافة تحسب من خلال القيمة الأكبر بين القيمتين ($K_{22}\, l_{22} / r_{22}$) و ($K_{33}\, l_{33} / r_{33}$).. حيث:

$$C_c = \sqrt{(2\pi^2 E) / F_y}$$

تحسب (F_a) كما يلي:

ـ إذا كان ($Kl/r \le C_c$) يكون:

$$F_a = \frac{\left\{1.0 - \dfrac{(Kl/r)^2}{2C_c^2}\right\} F_y}{\dfrac{5}{3} + \dfrac{3(Kl/r)}{8\,C_c} - \dfrac{(Kl/r)^3}{8C_c^3}}$$

ـ إذا كان ($Kl/r > C_c$) يكون:

$$F_a = \frac{12\,\pi^2\, E}{23(Kl/r)^2}$$

عندما يكون العنصر المضغوط مختارا من زاوية منفردة تستخدم في حساب (K l / r) قيمة (r_z) بدلا من (r_{22} , r_{33}).. ويظهر البرنامج رسالة تشير إلى إن النسبة (K l / r) غير محققة إذا كانت أكبر من (200) في العناصر المضغوطة.

B ـ 5 ـ 2 الإجهادات المسموحة على الشد Allowable Stress in Tension

تعطى قيمة الإجهاد المسموح على الشد بالعلاقة $F_a = 0.6F_y$ .. ويعطي البرنامج رسالة تشير إلى إن النسبة (K l / r) غير محققة إذا كانت أكبر من (300) في العناصر المشدودة.

B ـ 5 ـ 3 الإجهادات المسموحة على الانعطاف Allowable Stress in Bending

يتعلق الإجهاد المسموح على الانعطاف بكل من شكل المقطع وتراصه ومحور الانعطاف ومعامل النحافة.

B ـ 5 ـ 3 ـ 1 مقاطع (I , C , T والزوايا المفردة والمضاعفة)

I- sections, C-sections, T-sections, Angles and Double angles

يحسب معامل نحافة هذه المقاطع من خلال الطول (L) غير المدعم ضد الانزياح الجانبي.. علما بأن الطول الحرج في هذه الحالة هو:

$$l_c = \min\left\{\frac{76b_f}{\sqrt{F_y}}, \frac{20000A_f}{dF_y}\right\}$$

ولحساب الإجهادات المسموحة يقارن الطول (L) مع الطول الحرج (l_c) كما في الحالات التالية.

أولا ـ الانعطاف حول المحور الرئيسي Major Axis of Bending

ـ إذا كان ($l_{33} < l_c$) فيعطى الإجهاد المسموح على الانعطاف حول المحور الرئيسي كما يلي:

ـ للمقاطع المتراصة.. $F_{b\,33} = 0.66\, f_y$

ـ للمقاطع غير المتراصة.. $F_{b\,33} = 0.60\, f_y$

ـ إذا كان ($l_{33} > l_c$) فيعطى الإجهاد المسموح على الانعطاف حول المحور الرئيسي للمقاطع (I) المتراصة وغير المتراصة وبالاعتماد على النسبة (l_{33} / r) كما يلي ، حيث *(r) نصف قطر العطالة لمقطع مكون من جناح الضغط وثلث الجذع، حول محور مار من مستوي الجذع.*

إذا كان:

$$\sqrt{\frac{102\times10^3 C_b}{F_y}} \le \frac{l_{33}}{r_T} \le \sqrt{\frac{510\times10^3 C_b}{F_y}}$$

يكون:

$$F_{b33} = \left[\frac{2}{3} - \frac{F_y(l_{33}/r_T)^2}{1530\times10^3 C_b}\right] F_y \le 0.60 F_y$$

وإذا كان

$$\frac{l_{33}}{r_T} > \sqrt{\frac{510\times10^3 C_b}{F_y}}$$

يكون:

$$F_{b33} = \left[\frac{170\times10^3 C_b}{(l_{33}/r_T)^2}\right] \le 0.60 F_y$$

وفي كافة الحالات يجب ألا تقل (F_{b33}) عن القيمة التالية:

$$F_{b33} = \frac{12\times10^3 C_b}{l_{33}(d/A_f)} \le 0.6 F_y$$

وتستخدم العلاقة الأخير فقط من أجل مقاطع المجراة.

يؤخذ المعامل (C_b) من العلاقة:

$$C_b = 1.75 + 1.05\left(\frac{M_a}{M_b}\right) + 0.3\left(\frac{M_a}{M_b}\right)^2 \le 2.3$$

حيث:

– (M_a , M_b) العزوم في طرفي العنصر غير المدعم ضد الانزياح الجانبي، ويكون عادة ($M_a < M_b$). ويكون ($M_a / M_b < 0$) في حالة الانعطاف المفرد و ($M_a / M_b > 0$) في حالة الانعطاف ثنائي المحور.

ـ إذا كانت (M) المطبقة في أي مقطع أكبر من (M_b) يؤخذ ($C_b = 1$).

ـ ملاحظة:

يعتبر البرنامج أن القيمة الافتراضية للمعامل (C_b) مساوية للواحد. ويمكن تعريف الطول غير المدعم ضد الانزياح الجانبي في المسألة من قبل المستثمر من خلال إدخال طول العنصر مغايرا للطول الفعلي، حيث يمكن تعديل هذه القيمة يدويا.

ثانيا ـ الانعطاف حول المحور الثانوي Minor Axis of Bending

يعتبر الإجهاد المسموح على الانعطاف حول المحور الثانوي لكافة الحالات ($F_{b22} = 0.60 f_y$) ما عدا حالة المقاطع (I) المتراصة، حيث تعتبر ($F_{b22} = 0.75 f_y$).

B ـ 5 ـ 3 ـ 2 المقاطع الأنبوبية والصندوقية المستطيلة
Box Sections and Rectangular Tubes

يحسب معامل نحافة هذه المقاطع من خلال الأطوال غير المدعمة ضد الانزياح الجانبي علما بأن الطول الحرج في هذه الحالة هو:

$$l_c = \max\left\{(1950 + 1200\ M_a / M_b)\frac{b}{F_y}, \frac{1200\ b}{F_y}\right\}$$

حيث (M_a , M_b) العزوم في طرفي العنصر غير المدعم ضد الانزياح الجانبي ويكون عادة ($M_a < M_b$).

وإذا تم تعريف الطول (L) غير المدعم ضد الانزياح الجانبي في المسألة من قبل المستثمر فيحسب الطول الحرج في البرنامج من العلاقة

$$l_c = \frac{1200\ b}{F_y}$$

أولا ـ الانعطاف حول المحور الرئيسي Major Axis of Bending

ـ إذا كان ($I_{33} < I_c$) فيعطى الإجهاد المسموح على الانعطاف حول المحور الرئيسي كما يلي:

ـ للمقاطع المتراصة.. $F_{b33} = 0.66\, f_y$

ـ للمقاطع غير المتراصة.. $F_{b33} = 0.60\, f_y$

وإذا كان ($I_{33} > I_c$) فيعطى الإجهاد المسموح لكافة أنواع المقاطع بالعلاقة ($F_{b33} = 0.60\, f_y$)

ثانيا ـ الانعطاف حول المحور الثانوي Minor Axis of Bending

يعتبر الإجهاد المسموح للمقاطع الصندوقية والأنبوبية المستطيلة متساويا حول المحورين الرئيسي والثانوي.

ـ المقاطع الأنبوبية (Pipe Sections):

ـ للمقاطع المتراصة.. $F_b = 0.66\, f_y$

ـ للمقاطع غير المتراصة.. $F_b = 0.60\, f_y$

ـ المقاطع المستطيلة والقضبان المسحوبة المستديرة (Rectangular and Round Bars):

ـ للمقاطع المستديرة.. $F_b = 0.75\, f_y$

ـ للمقاطع المستطيلة..

$F_b = 0.66\, f_y$ (حول المحور الرئيسي)

$F_b = 0.75\, f_y$ (حول المحور الثانوي)

ـ المقاطع الأنبوبية الأخرى (General sections):

$F_b = 0.75\, f_y$ (حول المحورين)

B ـ 5 ـ 4 الإجهادات المسموحة على القص Allowable Stress in Shear

ـ إذا كان $\frac{h}{t_w} \leq \frac{380}{\sqrt{F_y}}$ يكون $F_v = 0.40 F_y$

ـ إذا كان $\frac{h}{t_w} > \frac{380}{\sqrt{F_y}}$ يطبق معامل التخفيض على الإجهاد المسموح من قبل المستثمر.

B ـ 6 حساب نسب الإجهادات Calculation of Stress Ratios

تحسب كل من الإجهادات المطبقة والإجهادات المسموحة (المحورية والانعطاف) لكافة المقاطع (عند موقع المحطات) على طول العنصر المدروس ولكل تركيب من تراكيب الحمولات.

ثم يجري تحديد نسبة المطبقة إلى المسموحة... ***فإذا كانت النسبة المذكورة أقل من (1) يكون المقطع محققا، وإلا فهو غير محقق ويفترض إعادة اختيار مقطع آخر.***

ـ ملاحظة:

لا يصمم البرنامج وصلات البراغي واللحامات والبراشيم ويتجاهل وجودها في المسألة.

B ـ 6 ـ 1 الإجهادات المحورية وإجهادات الانعطاف Axial and Bending Stresses

1 ـ يحسب البرنامج الإجهادات المحورية وإجهادات الانعطاف المطبقة والمسموحة كما ذكر أعلاه كما يلي:

2 ـ تؤخذ نسبة الإجهادات المركبة في حالة الضغط التي يكون فيها ($f_a > 0$ و $f_a / F_a > 0.15$) أكبر القيمتين التاليتين:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{m33} f_{b33}}{\left(1 - \frac{f_a}{F'_{e33}}\right) F_{b33}} + \frac{C_{m22} f_{b22}}{\left(1 - \frac{f_a}{F'_{e22}}\right) F_{b22}}$$

$$\frac{f_a}{0.60 F_y} + \frac{f_{b33}}{F_{b33}} + \frac{f_{b22}}{F_{b22}}$$

حيث:

(C_{m22}, C_{m33}) هي معاملات توزيع العزوم على طول العنصر، تعتبر قيمة أي منها مساوية للواحد باستثناء حالة أعمدة الإطارات غير المدعمة ضد الانزياح الجانبي حيث تعتبر القيمة المذكورة (0.85).. ويسمح البرنامج للمستثمر تعديل هذه القيم.

$$F'_e = \frac{12\pi^2 E}{23(Kl/r)^2}$$

وكافة الرموز الأخرى معرفة في الفقرة (B ـ 1).

3 ـ تؤخذ نسبة الإجهادات المركبة في حالة الضغط التي يكون فيها ($f_a < 0$ و $f_a / F_a \leq 0.15$) كما يلي:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{b33}}{F_{b33}} + \frac{f_{b22}}{F_{b22}}$$

3 ـ تؤخذ نسبة الإجهادات المركبة في حالة الشد التي يكون فيها ($f_a > 0$) كما يلي:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{b33}}{F_{b33}} + \frac{f_{b22}}{F_{b22}}$$

ـ ملاحظة:

يستخدم البرنامج طريقة الجذر التربيعي لمجموع مربعات الإجهادات المحسوبة (SRSS) لإيجاد مركبتي الانعطاف في الاتجاهين الرئيسي والثانوي للمقاطع الدائرية بدلا من استخدام الجمع العادي في العلاقتين السابقتين، وذلك قبل إضافة تأثير القوة المحورية. (راجع الفقرة 2 ـ 2 ـ 5 ـ 1) في الفصل الثاني.

B ـ 7 إجهادات القص Shear Stresses

تحدد نسبة إجهادات القص المطبقة إلى المسموحة من أجل تراكيب الحمولات وفي كافة محطات العنصر.

$$\frac{f_{v2}}{F_v}$$

$$\frac{f_{v3}}{F_v}$$



موجز حول متطلبات تصميم الفولاذ وفق الكود الأمريكي AISC- LRFD93

C ـ 1 مصطلحات الكود وواحدات القياس

(A) ـ مساحة مقطع معين ... (in^2).

(A_g) ـ المساحة الكلية للمقطع العرضي ... (in^2).

(A_{v2} , A_{v3}) ـ المساحة الفعالة للقص في الاتجاهين (22 و 33) ... (in^2).

(A_w) ـ مساحة جذع المقطع ($d . t_w$) ... (in^2).

(b) ـ الطول الاسمي لساق مقطع زاوية ... (in).

- ($b = b_f . 2 t w$) للمقاطع الملحومة.
- ($b = b_f . 3 t w$) للمقاطع الصندوقية المدلفنة.

(b_f) ـ عرض جناح المقطع ... (in).

(B_1) ـ معامل تصعيد العزوم التي لا تسبب انزياحاً جانبياً.

(B_2) ـ معامل تصعيد العزوم التي تسبب انزياحاً جانبياً.

(C_b) ـ معامل الانحناء.

(C_m) ـ معامل العزم.

(C_w) ـ ثابت الفتل الطولي ... (in^6).

(d) ـ العمق الكلي للمقطع... (in).

(D) ـ القطر الخارجي لمقطع أنبوبي مستدير ... (in).

(E) ـ معامل مرونة المادة ... (ksi).

(F_r) ـ إجهاد الضغط المتبقي في الجناح ... (ksi).

- ($F_r = 10$) للمقاطع المدلفنة.
- ($F_r = 16.5$) للمقاطع الملحومة.

(F_y) ـ إجهاد السيلان للفولاذ ... (ksi).

(G) – معامل القص ... (ksi).

(h_c) – التباعد الصافي بين الأجنحة ... (in).

– (h_c $2k$) للمقاطع المدلفنة.

– (h_c $2t_f$) للمقاطع الملحومة.

(I_{22}) – الطول عزم العطالة الأدنى للمقطع ... (in^4).

(J) – ثابت الفتل للمقطع العرضي... (in^4).

(k) المسافة بين الجذع والوجه الخارجي للجناح ... (in).

(K) معامل الطول الفعال.

(k_c) – معامل يستخدم لتصنيف المقاطع.

(K_{22} , K_{33}) – معاملا الطول الفعال في الاتجاهين (22 و 33).

$$k_c = \frac{4}{\sqrt{h / t_w}} \qquad 0.35 \le k_c \le 0.763$$

(L_b) – الطول غير المدعم ضد الانزياح الجانبي ... (in).

(L_P) – الطول الحدي غير المدعم ضد الانزياح الجانبي في حالة حد اللدونة ... (in).

(L_r) – الطول الحدي غير المدعم ضد الانزياح الجانبي في حالة التحنيب المركب تحت تأثيري الفتل والانعطاف ... (in).

(l_{22} , l_{33}) – الطولان غير المسنودين جانبياً في الاتجاهين (22 و 33) ... (ksi).

(M_{cr}) – العزم الحدي لحالة التحنيب ضمن مجال المرونة ... (kip . in).

(M_{lt}) – العزم المصعد والمسبب للانزياح الجانبي... (kip . in).

(M_{nt}) – العزم المصعد غير المسبب للانزياح الجانبي... (kip . in).

($M_{n\,22}$, $M_{n\,33}$) – تحمل المقطع للانعطاف الاسمي في الاتجاهين (22 و 33) ... (kip . in).

($M_{p\,22}$, $M_{p\,33}$) – عزما الانعطاف اللدن في الاتجاهين (22 و 33) ... (kip . in).

($M_{r\,22}$, $M_{r\,33}$) – عزما التحنيب في الاتجاهين (22 و 33) ... (kip . in).

(M_u) – العزم التصميمي المصعد ... (kip . in).

($M_{u\,22}$, $M_{u\,33}$) – العزمان التصميميان المصعدان في الاتجاهين (22 و 33) ... (kip . in).

(P_e) – حمولة التحنيب ... (kips).

(P_n) – قدرة التحمل الاسمية للقوى المحورية ... (kips).

(P_u) – القوة المحورية التصميمية المصعدة ... (kips).

(P_y) – جداء المساحة الكلية بإجهاد السيلان ($A_g . f_y$) ... (kips).

(r) – نصف قطر العطالة ... (in).

(r_2) – نصف قطر العطالة الأدنى لمقاطع الزوايا ... (in).

(r_{22} , r_{33}) – نصفا قطري العطالة في الاتجاهين (22 و 33).

(S) – معامل المقطع ... (in^3).

(S_{22} , S_{33}) – معاملا المقطع في الاتجاهين (22 و 33) ... (in^3).

(t) – السماكة... (in).

(t_f) – سماكة الجناح... (in).

(t_w) – سماكة الجذع... (in).

(V_{n2} , V_{n3}) – قدرة تحمل المقطع الاسمية على القص في الاتجاهين (22 و 33) ... (kips).

(V_{u2} , V_{u3}) – قوتا القص التصميميتان والمصعدتان في الاتجاهين (22 و 33) ... (kips).

(Z) – معامل المقطع اللدن ... (in^3).

(Z_{22} , Z_{33}) – معاملا المقطع اللدن ... (in^3).

(λ) – معامل النحافة.

(λ_c) – معامل نحافة الأعمدة.

(λ_p) – معامل نحافة مقطع متراص.

(λ_r) – معامل نحافة مقطع غير متراص.

(λ_s) – معامل نحافة مقطع يعمل لمقاومة الزلازل.

(φ) – معامل مقاومة المقطع.

($\varphi_b = 0.90$) – معامل مقاومة الانعطاف.

($\varphi_c = 0.85$) – معامل مقاومة الضغط.

($\varphi_t = 0.90$) – معامل مقاومة الشد.

($\varphi_v = 0.85$) – معامل مقاومة القص.

C ـ 2 تراكيب الحمولات التصميمية Design Load Combinations

يجري تصميم العناصر الخرسانية في برنامج (SAP 2000n) بناءاً على تراكيب الحمولات المحددة من قبل المستثمر أو على التراكيب التلقائية للكودات المعتمدة فيه.

يقوم البرنامج بتحقيق وتصميم المقاطع المنمذجة على تراكيب الحمولات المعتمدة في الكود (AISC-ASD89) في حال اعتماد هذا الكود في المسألة المدخلة. وهذه التراكيب هي:

1.4 DL
1.2 DL + 1.6 LL

0.9 DL ± 1.3 WL
1.2 DL ± 1.3 WL
1.2 DL + 0.5 LL ± 1.3 WL

0.9 DL ± 1.0 EL
1.2 DL ± 1.0 EL
1.2 DL + 0.5 LL ± 1.0 EL

حيث:

(DL) الحمولة الميتة.

(LL) الحمولة الحية

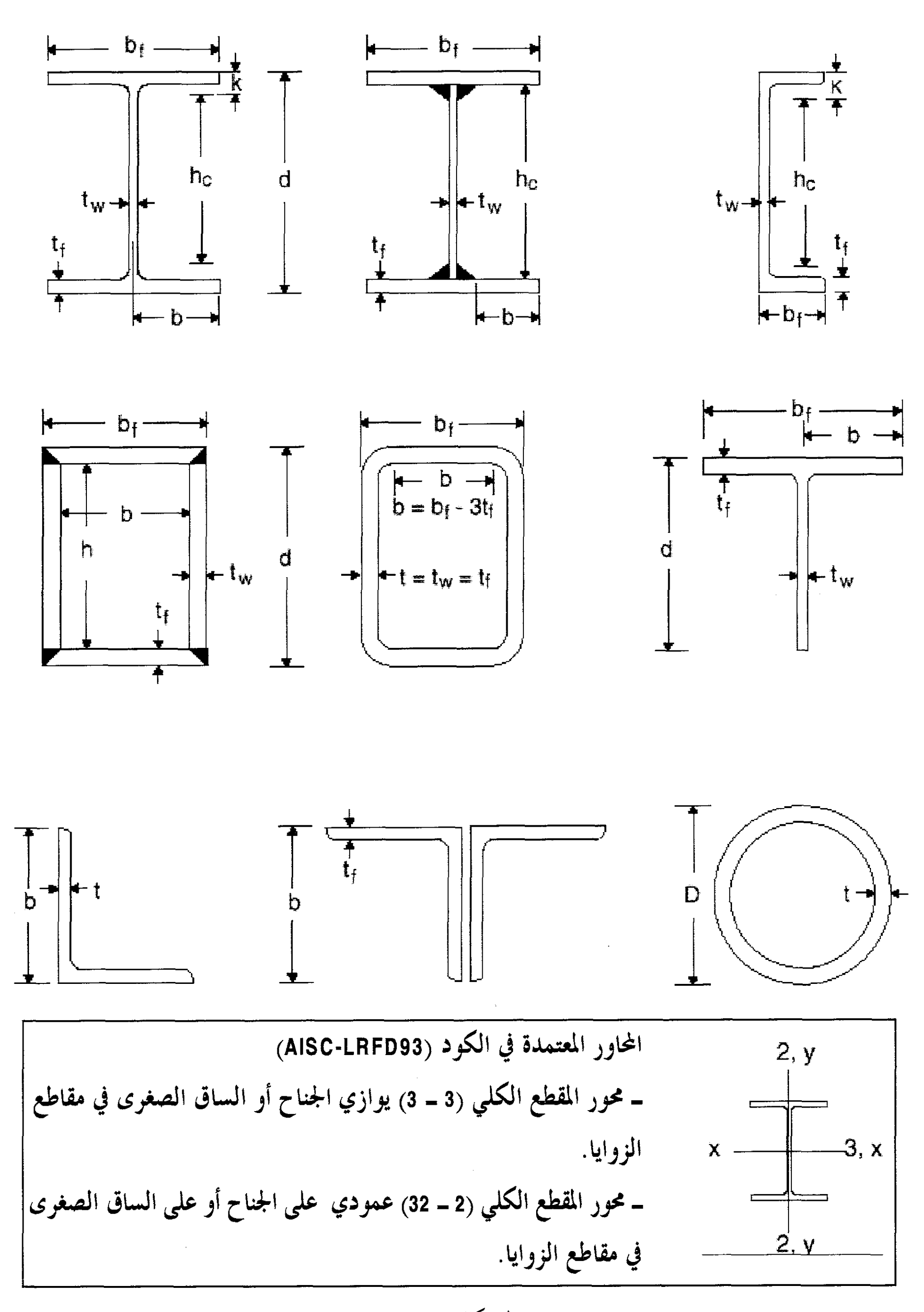
(EL) حمولة الزلازل

(WL) حمولة الرياح.

يصعد الكود المذكور الإجهادات المسموحة بنسبة (33%) عند تضمين التراكيب حمولات الزلازل أو الرياح. ومن أجل تخفيض مساهمة الحمولات الحية المصعدة في تراكيب الحمولات، يمكن استخدام معاملات خفض هذه الحمولات حصراً بطريقة عنصر ـ عنصر.

C ـ 3 تصنيف المقاطع Classification of Sections

تتعلق الإجهادات المسموحة على الضغط المحوري أو على الانعطاف بأنواع المقاطع التي يمكن تقسيمها إلى متراصة وغير متراصة ونحيفة، كما في الشكل (C ـ 1) والجدولين (C ـ 1) و (C ـ 2) أدناه.



bf
k
hc
d
tw
tf
b
K
b = bf - 3tf
t = tw = tf
h
t
D
2, y
x
3, x
المحاور المعتمدة في الكود (AISC-LRFD93)
ـ محور المقطع الكلي (3 ـ 3) يوازي الجناح أو الساق الصغرى في مقاطع الزوايا.
ـ محور المقطع الكلي (2 ـ 32) عمودي على الجناح أو على الساق الصغرى في مقاطع الزوايا.

الشكل (C ـ 1)

الجدول (C – 1) نسب العرض إلى السماكة (نسبة التراص) للحالة العامة وفق الكود (AISC- LRFD93)

نوع المقطع	تحقيق λ	مقاطع متراصة λ_p	مقاطع غير متراصة λ_r
عام	–	تفترض المقاطع متراصة	
مستطيل	–	تفترض المقاطع غير متراصة	
I	$b_f/2t_f$ مدلفن	$\le \frac{0.65}{\sqrt{f_y}}$	$\le \frac{141}{\sqrt{f_y - 10}}$
	$b_f/2t_f$ ملحوم	$\le \frac{0.65}{\sqrt{f_y}}$	$\le \frac{162}{\sqrt{(f_y - 16.5)/16.5}}$
	h_c/t_w	$\le \frac{640}{\sqrt{f_y}}(1 - \frac{2.75 P_u}{\varphi_b f_y})$ For $\frac{P_u}{\varphi_b . P_y} \le 0.125$ $\frac{191}{\sqrt{f_y}}(233 - \frac{P_u}{\varphi_b f_y}) \ge \frac{253}{\sqrt{f_y}}$ For $\frac{P_u}{\varphi_b . P_y} > 0.125$	$\le \frac{970}{\sqrt{f_y}}(1 - 0.74\frac{P_u}{\varphi_b f_y})$
صندوقي	b/t_f	مدلفن $\le \frac{190}{\sqrt{f_y}}$	مدلفن $\le \frac{238}{\sqrt{f_y}}$
	d/t_t	ملحوم (غير مطبق)	ملحوم $\le \frac{253}{\sqrt{f_y}}$
	h_c/t_w	مطابق للمقطع I	
مجراة	b_f/t_f h_c/t_w	مطابق للمقطع I	
T	$b_f/2t_f$	مطابق للمقطع I	
	d/t_w	غير قابل للاستخدام	$\le \frac{127}{\sqrt{f_y}}$
زوايا	b/t	غير قابل للاستخدام	$\le \frac{76}{\sqrt{f_y}}$
قضبان	–	تفترض المقاطع متراصة	
أنابيب	D/t	$\le \frac{2070}{\sqrt{f_y}}$	$\le \frac{8970}{\sqrt{f_y}}$
زوايا مزدوجة	b/t	غير قابل للاستخدام	$\le \frac{76}{\sqrt{f_y}}$

الجدول (C – 2) نسب العرض إلى السماكة (نسبة التراص) للمنشآت المقاومة للزلازل حسب (AISC- LRFD93)

نوع المقطع	تحقيق λ	مقاطع متراصة λ_p	مقاطع غير متراصة λ_r
عام	–	تفترض المقاطع متراصة	
مستطيل	–	تفترض المقاطع غير متراصة	
I	$b_f/2t_f$ مدلفن	$\le \frac{0.52}{\sqrt{f_y}}$	$\le \frac{0.95}{\sqrt{f_y}}$
	$b_f/2t_f$ ملحوم	$\le \frac{0.52}{\sqrt{f_y}}$	$\le \frac{0.95}{\sqrt{f_y}}$
	h_c/t_w	$\le \frac{520}{\sqrt{f_y}}(1-\frac{1.54 P_u}{\varphi_b f_y})$ For $\frac{P_u}{\varphi_b . P_y} \le 0.125$ $\frac{191}{\sqrt{f_y}}(233-\frac{P_u}{\varphi_b f_y}) \ge \frac{253}{\sqrt{f_y}}$ For $\frac{P_u}{\varphi_b . P_y} > 0.125$	$\le \frac{970}{\sqrt{f_y}}(1-0.74\frac{P_u}{\varphi_b f_y})$
صندوقي	b/t_f	غير قابل للاستخدام	$\le \frac{238}{\sqrt{f_y}}$
	h_c/t_w	غير قابل للاستخدام	$\le \frac{253}{\sqrt{f_y}}$
مجراة	b_f/t_f	غير قابل للاستخدام	$\le \frac{95}{\sqrt{f_y}}$
	h_c/t_w	غير قابل للاستخدام	$\le \frac{253}{\sqrt{f_y}}$
T	$b_f/2t_f$	غير قابل للاستخدام	$\le \frac{95}{\sqrt{f_y}}$
	d/t_w	غير قابل للاستخدام	$\le \frac{127}{\sqrt{f_y}}$
زوايا	b/t	غير قابل للاستخدام	$\le \frac{76}{\sqrt{f_y}}$
قضبان	–	غير قابل للاستخدام	–
أنابيب	D/t	غير قابل للاستخدام	$\le \frac{3300}{\sqrt{f_y}}$
زوايا مزدوجة	b/t	غير قابل للاستخدام	$\le \frac{76}{\sqrt{f_y}}$

C ـ 3 حساب القوى والعزوم المصعدة

Calculation of Factored Forces and Moments

يقوم برنامج (SAP 2000) بحساب الأفعال الداخلية المصعدة (P_u, M_{u22}, M_{u33}, V_{u2}, V_{u3}) في كل محطة أو مقطع، ومن أجل كافة تراكيب الحمولات.

تحسب العزوم (M_{U22}, M_{U33}) المصعدة بمعامل يأخذ بالاعتبار تأثيرات الدرجة الثانية (P - Δ) والناتجة عن تراكيب الحمولات التي تولد ضغطا في العنصر من العلاقة:

$$M_u = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt}$$

حيث:

(M_{nt}) العزم الذي لا يسبب انزياحا جانبيا.

(M_{nl}) العزم الذي يسبب انزياحا جانبيا.

(B_2) معامل تصعيد العزوم التي تسبب انزياحا جانبيا.

(B_1) معامل تصعيد العزوم التي لا تسبب انزياحا جانبيا، ويعتبر ($B_2 = 1$) لكلا الاتجاهين.

$$B_1 = \frac{C_m}{\left(1 - P_u / P_e\right)} \geq 1.0$$

حيث (P_e) حمولة التحنيب:

$$P_e = \frac{A_g F_y}{\lambda^2} \qquad \lambda = \frac{Kl}{r\pi}\sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

$$C_m = 0.6 - 0.4\frac{M_a}{M_b}$$

ويمكن تعيين قيم لـ (B_1, B_2) من قبل المستثمر لبعض المنشآت الخاصة.

(M_a / M_b) نسبة العزم الصغير إلى الكبير في طرفي العنصر المدروس.. وتعتبر إشارة هذه النسبة سالبة في حالة الانعطاف حول محور واحد وموجبة في حالة الانعطاف حول محورين.

تعتبر ($C_m = 1$) في العناصر المعرضة لقوة ضغط محورية وأخرى جانبية، أو في حال تعديل الطول المدعم جانبيا للعمود (بحيث يختلف عن الطول الحقيقي) من قبل المستثمر.

ملاحظة:

يجب أن يكون ($B_1 > 0$) أي ($P_u < P_e$) وإلا يعطي البرنامج رسالة تشير إلى انهيار العنصر.

C ـ 4 حساب المقاومات الاسمية Calculation of Nominal Strengths

يقوم البرنامج بحساب المقاومات الاسمية على الشد والضغط والانعطاف والقص للعناصر المتراصة وغير المتراصة، مع الإشارة إلى أن:

- معامل خفض مقاومة الشد ($\varphi_t = 0.90$).
- معامل خفض مقاومة الضغط ($\varphi_c = 0.85$).
- معامل خفض مقاومة الانعطاف ($\varphi_b = 0.90$).
- معامل خفض مقاومة القص ($\varphi_v = 0.90$).

ويتوجب على المستثمر تعيين المقاومات الاسمية المخفضة في الحالات التالية:

- حالة المقاطع النحيفة والمتناظرة حول محور واحد.
- حالة المقاطع غير المتناظرة والمعرضة للتحنيب المحلي (local buckling).
- حالة المقاطع غير المتناظرة والمعرضة للتحنيب العرضي وتحنيب الفتل.
- حالة المقاطع غير المتناظرة والمعرضة لتحنيب الجذع.

وإذا قام المستثمر بإعادة تحديد المقاومات الاسمية لعنصر أو أكثر من خلال إعادة تعريف بيانات التصميم (Redefine Element Design Data) فإن البرنامج يعتمد هذه القيم بدلا عن تلك التي يقوم بحسابها.

C ـ 4 ـ 1 قدرة تحمل الضغط Compression Capacity

تتعلق مقاومة الضغط الاسمية (P_n) لعنصر معين بكل من نسبة النحافة ($k\,l\,/\,r$) التي تعتبر أكبر القيمتين ($k_{33}\,.\,l_{33}\,/\,r_{33}$ و $k_{33}\,.\,l_{33}\,/\,r_{33}$) ونسبتها الحرجة ($\lambda_{cr}$).. حيث:

$$\lambda_c = \frac{Kl}{r\pi}\sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

- يجري حساب مقاومة الضغط الاسمية (P_n) من أجل التحنيب العرضي للمقاطع المتراصة وغير المتراصة كما يلي:

$$P_n = A_g F_{cr}$$

حيث:

$$F_{cr} = \left(0.658^{\lambda_c^2}\right) F_y, \quad \text{for} \quad \lambda_c \le 1.5$$

$$F_{cr} = \left[\frac{0.877}{\lambda_c^2}\right] F_y, \quad \text{for} \quad \lambda_c > 1.5$$

وتستخدم (r_z) بدلا من (r_{22} , r_{33}) في مقاطع الزوايا المفردة.

ملاحظة:

يظهر البرنامج رسالة تشير إلى إن النسبة (K l / r) غير محققة إذا كانت أكبر من (200) في العناصر المضغوطة.

- يجري حساب مقاومة الضغط الاسمية (P_n) من أجل تحنيب الفتل والتحنيب العرضي لمقاطع الزوايا المزدوجة أو المقاطع (T)، والمعرضة للضغط المحوري والتي تكون فيها نسبة العرض إلى السماكة أقل من (λ_r) كما يلي:

$$P_n = A_g F_{crft}$$

حيث:

$$F_{crft} = \left(\frac{F_{cr2} + F_{crz}}{2H}\right)\left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 F_{cr2} F_{crz} H}{(F_{cr2} + F_{crz})^2}}\right]$$

$$F_{crz} = \frac{GJ}{A r_0^2} \qquad H = 1 - \left(\frac{x_0^2 + y_0^2}{r_0^2}\right)$$

(r_0) - نصف قطر العطالة القطبي حول مركز القص ... (in).

(x_0 , y_0) - إحداثيات مركز القص بالنسبة للمركز المتوسط للمقطع (زاويتان أو T).

ويحسب الإجهاد (F_{cr2}) حسب من العلاقة ($P_n = A_g F_{cr}$) أعلاه لحالة التحنيب العرضي

حول محور التناظر الثانوي من أجل:

$$\lambda_c = \frac{Kl}{r_{22}\pi}\sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

ينصح المستثمر بأن يجري تحقيقاً مستقلاً على التحنيب الناتج عن الفتل العرضي لمقاطع الزاويتين أو (T) التي تزيد فيها نسبة العرض إلى السماكة أقل عن (λ_r).

C – 4 – 2 قدرة تحمل الشد Tension Capacity

تعطى مقاومة الشد لاسمية بالعلاقة

$$P_n = A_g F_y$$

ملاحظة:

يُظهر البرنامج رسالة تشير إلى إن النسبة (l / r) غير محققة إذا كانت أكبر من (300).. ولا يجري البرنامج أي تحق من المقطع الصافي للعنصر.

C – 4 – 3 مقاومة الانعطاف الاسمية Nominal Strength in Bending

تتعلق مقاومة الانعطاف الاسمية لعنصر معين بكلٍ من الشكل الهندسي للمقطع ومحاور الانعطاف وارتصاص المقطع ونسبة النحافة. وتعتبر هذه المقاومة أدنى القيم الموضحة في الفقرات الأربع التالية:

C – 4 – 3 – 1 حالة السيلان (Yielding)

للعناصر المرتصة والمدعمة ضد الانزياح الجانبي والمقاومة للزلازل والتي فيها ($L_b \le L_p$):

$$M_p = ZF_y \le 1.5 S F_y$$

حيث:

(L_b) – الطول غير المدعم ضد الانزياح الجانبي باتجاه المحور (22) ... (in).

(L_p) – الطول الحدي غير المدعم ضد الانزياح الجانبي في حالة حد اللدونة الكاملة والذي يحسب كما يلي... (in).

من أجل المقاطع (I) ومقاطع المجاري يكون:

$$L_p = \frac{300\, r_{22}}{\sqrt{F_y}}$$

ومن أجل المقاطع الصندوقية والقضبان المستطيلة يكون:

$$L_p = \frac{3\,750\, r_{22}}{M_{p33}} \sqrt{JA}$$

C ـ 4 ـ 3 ـ 2 تجنيب الفتل العرضي أو الجانبي Lateral-Torsional Buckling

أولا ـ تعطى مقاومة الانعطاف الاسمية للمقاطع (I) ومقاطع المجاري والمقاطع الصندوقية ومقاطع القضبان المستطيلة المتناظرة والعاملة على الانعطاف اتجاهين كما يلي:

ـ إذا كان $(L_b \le L_r)$ يكون:

$$M_{n33} = C_b \left[M_{p33} - (M_{p33} - M_{r33}) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \le M_{p33}$$

ـ إذا كان $(L_b > L_r)$ يكون:

$$M_{n33} = M_{cr33} \le M_{p33}$$

حيث:

(M_{33}) ـ المقاومة الاسمية على الانعطاف حول المحور الرئيسي.

(M_{P33}) ـ عزم اللدونة المسبب للتحنيب حول المحور الرئيسي.

$$Z_{33} F_y \le 1.5 S_{33} F_y$$

(M_{r33}) ـ عزم الانعطاف المسبب للتحنيب حول المحور الرئيسي والذي يحسب كما يلي:

للمقاطع (I) ومقاطع المجاري

$$M_{r33} = (F_y - F_r) S_{33}$$

للمقاطع الصندوقية ومقاطع القضبان المستطيلة

$$M_{r33} = F_y S_{33}$$

(M_{cr33}) ـ عزم المرونة الحدي والذي يحسب كما يلي:

للمقاطع (I) ومقاطع المجاري

$$M_{cr33} = \frac{C_b \pi}{L_b} \sqrt{E I_{22} G J + \left(\frac{\pi E}{L_b} \right)^2 I_{22} C_w}$$

للمقاطع الصندوقية ومقاطع القضبان المستطيلة

$$M_{cr33} = \frac{57000 \, C_b \sqrt{JA}}{L_b / r_{22}}$$

(L_b) ـ الطول غير المدعم ضد الانزياح الجانبي باتجاه المحور (22) ... (in).

(L_p) ـ الطول الحدي غير المدعم ضد الانزياح الجانبي في حالة حد اللدونة الكاملة والذي يحسب كما يلي... (in).

من أجل المقاطع (I) ومقاطع المجاري يكون:

$$L_p = \frac{300 \, r_{22}}{\sqrt{F_y}}$$

ومن أجل المقاطع الصندوقية والقضبان المستطيلة يكون:

$$L_p = \frac{3750 \, r_{22}}{M_{p33}} \sqrt{JA}$$

(L_r) ـ الطول غير المدعم ضد الانزياح الجانبي في حالة تجنيب الفتل العرضي اللدن والذي يحسب كما يلي... (in).

من أجل المقاطع (I) ومقاطع المجاري يكون:

$$L_r = \frac{r_{22} X_1}{F_y - F_r} \left\{ 1 + \left[1 + X_2 (F_y - F_r)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/2}$$

ومن أجل المقاطع الصندوقية والقضبان المستطيلة يكون:

$$L_r = \frac{57000 \, r_{22} \sqrt{JA}}{M_{r33}}$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_{33}} \sqrt{\frac{EGJA}{2}}$$

$$X_2 = 4\frac{C_w}{I_{22}}\left(\frac{S_{33}}{GJ}\right)^2$$

$$C_b = \frac{12.5\, M_{max}}{2.5\, M_{max} + 3\, M_A + 4\, M_B + 3\, M_C}$$

حيث:

(M_{max}) القيمة المطلقة للعزم الأعظمي في العنصر.

(M_A) القيمة المطلقة للعزم في ربع المجاز.

(M_B) القيمة المطلقة للعزم في نصف المجاز.

(M_C) القيمة المطلقة للعزم في (3/4) المجاز.

ـ ملاحظة:

يعتبر البرنامج أن (C_b) تساوي الواحد في حالة الأظفار أو عندما يغير المستثمر الطول غير المدعم بحيث يختلف عن الطول الحقيقي.

وتحسب (M_n) كما يلي:

من أجل المقاطع الصندوقية والقضبان الدائرية حول كافة المحاور يكون:

$$M_n = M_p = ZF_y \leq 1.5 S F_y$$

من أجل المقاطع الأخرى العاملة على الانعطاف حول المحور الثانوي يكون:

$$M_{n22} = M_{p22} = Z_{22} F_y \leq 1.5 S_{22} F_y$$

ثانيا ـ تعطى مقاومة الانعطاف الاسمية للمقاطع (T) ومقاطع الزاوية المزدوجة كما يلي:

ـ حول المحور الرئيسي:

$$M_{n33} = \frac{\pi\sqrt{EI_{22}GJ}}{L_b}\left[B + \sqrt{1 + B^2}\right] \leq F_y S_{33}$$

حيث:

$$B = \pm 23 \frac{d}{L_b} \sqrt{\frac{I_{22}}{J}}$$

وتعتبر (B) موجبة عندما يكون العزم موجباً (شد في ساق المقطع T أو الزاوية المزدوجة).

ـ حول المحور الثانوي:

$$M_{n22} = F_y S_{22}$$

ثالثا ـ تعطى مقاومة الانعطاف الاسمية لمقاطع الزاوية المفردة أو للمقاطع العامة كما يلي:

$$M_n = S F_y$$

C ـ 4 ـ 3 ـ 3 التحنيب المحلي Local Buckling

أولا ـ تعطى مقاومة الانعطاف الاسمية لمقاطع (I) غير المرتصة ولمقاطع المجاري والمقاطع الصندوقية من أدنى القيم المحسوبة فيما يلي:

ـ مقاومة الانعطاف الاسمية (M_n) للتحنيب المحلي للجذع أو الجناح حول المحور الرئيسي:

$$M_{n33} = M_{p33} - (M_{p33} - M_{r33}) \left(\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right)$$

ـ مقاومة الانعطاف الاسمية (M_n) للتحنيب المحلي للجذع أو الجناح حول المحور الثانوي:

$$M_{n22} = M_{p22} - (M_{p22} - M_{r22}) \left(\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right)$$

حيث:

(M_{n22}) ـ المقاومة الاسمية على الانعطاف حول المحور الثانوي.

(M_{33}) ـ المقاومة الاسمية على الانعطاف حول المحور الرئيسي.

(M_{p22}) ـ عزم الانعطاف حول المحور الرئيسي في حالة اللدونة حول المحور الثانوي.

(M_{p33}) ـ عزم الانعطاف حول المحور الرئيسي في حالة اللدونة حول المحور الرئيسي.

(M_{r22}) ـ عزم الانعطاف المسبب للتحنيب حول المحور الثانوي والذي يحسب كما يلي في حالة تحنيب الجذع:

$$M_{r22} = F_y S_{22}$$

(M_{r33}) ـ عزم الانعطاف المسبب للتحنيب حول المحور الرئيسي والذي يحسب كما يلي:

ـ حالة تحنيب الجناح في المقاطع (I) ومقاطع المجاري:

$$M_{r33} = (F_y - F_r) S_{33}$$

ـ حالة تحنيب الجذع في المقاطع (I) ومقاطع المجاري:

$$M_{r33} = F_y S_{33}$$

ـ حالة تحنيب الجذع أو الجناح في المقاطع الصندوقية:

$$M_{r33} = F_y S_{33}$$

(λ) ـ معامل النحافة المسيطر.

(λ_P) ـ قيمة (λ) العظمى التي يكون معها ($M_n = M_P$).

(λ_r) ـ قيمة (λ) العظمى في حالة التحنيب اللامرن.

ثانيا ـ تعطى مقاومة الانعطاف الاسمية لمقاطع غير المرتصة حول المحورين الثانوي والرئيسي بالعلاقة:

$$M_{n33} = M_{n22} = \left(\frac{600}{D/t} + F_y \right) S$$

C ـ 4 ـ 4 قدرة تحمل القص Shear Capacities

أولا ـ تعطى قدرة تحمل القص حول المحور الثانوي للمقاطع (I) ولمقاطع المجاري والمقاطع الصندوقية كما يلي:

ـ عندما يكون:

$$\frac{h}{t_w} \le \frac{418}{\sqrt{F_y}}$$

يكون:

$$V_{n2} = 0.6 F_y A_w$$

ـ وعندما يكون:

2 ـ إذا كان $\frac{P_u}{\varphi P_n} \geq 0.2$ يكون:

$$\frac{P_u}{\varphi P_n} + \frac{8}{9}\left(\frac{M_{u33}}{\varphi_b M_{n33}} + \frac{M_{u22}}{\varphi_b M_{n22}}\right)$$

3 ـ إذا كان $\frac{P_u}{\phi P_n} < 0.2$ يكون:

$$\frac{P_u}{2\varphi P_n} + \left(\frac{M_{u33}}{\varphi_b M_{n33}} + \frac{M_{u22}}{\varphi_b M_{n22}}\right)$$

ـ ملاحظة:

يستخدم البرنامج طريقة الجذر التربيعي لمجموع مربعات الإجهادات المحسوبة (SRSS) لإيجاد مركبتي الانعطاف في الاتجاهين الرئيسي والثانوي للمقاطع الدائرية بدلا من استخدام الجمع العادي في العلاقتين السابقتين، وذلك قبل إضافة تأثير القوة المحورية .

C ـ 5 ـ 2 إجهادات القص Shear Stresses

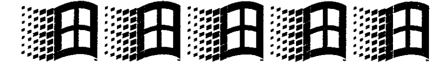
تحسب نسبة تحمل القص كما في الفقرة السابقة تماما وفقا لما يلي:

$$\frac{V_{u2}}{\varphi_v V_{n2}}$$

$$\frac{V_{u3}}{\varphi_v V_{n3}}$$

حيث:

.($\varphi = \varphi_v = 0.90$)



$$\frac{418}{\sqrt{F_y}} < \frac{h}{t_w} \leq \frac{523}{\sqrt{F_y}}$$

يكون:

$$V_{n2} = 0.6\, F_y\, A_w \, \frac{418}{\sqrt{F_y}} \Big/ \frac{h}{t_w}$$

ـ ومن أجل:

$$\frac{523}{\sqrt{F_y}} < \frac{h}{t_w} \leq 260$$

يكون:

$$V_{n2} = 132000 \frac{A_w}{\left[h/t_w\right]^2}$$

ثانيا ـ تعطى قدرة تحمل القص حول المحور الثانوي للمقاطع الأخرى كما يلي:

$$V_{n2} = 0.6\, F_y A_{v2}$$

ثالثا ـ تعطى قدرة تحمل القص حول المحور الرئيسي لكافة المقاطع كما يلي:

$$V_{n3} = 0.6 F_y A_{v3}$$

C ـ 5 حساب نسب قدرة التحمل Calculation of Capacity Ratios

يقوم البرنامج بحساب نسب تحمل الحرجة تحت تراكيب الحمولات وفي المحطات التي يحددها المستثمر. ويتم ذلك من خلال حساب الإجهادات المطبقة والإجهادات المسموحة، ومن ثم تقسيم الأول على الثانية.. **ويظهر البرنامج رسالة تشير إلى إن النسبة المذكورة التي تزيد عن الواحد غير محققة .**

C ـ 5 ـ 1 الإجهادات المحورية وإجهادات الانعطاف Axial and Bending Stresses

1 ـ يجري أولا حساب النسبة $\frac{P_u}{\varphi P_n}$ حيث يعتبر المعامل (φ) كما يلي:

ـ ($\varphi = \varphi_t = 0.90$) عندما تكون ($P_n$) شادة.

ـ ($\varphi = \varphi_c = 0.85$) عندما تكون ($P_n$) ضاغطة.

ـ ($\varphi = 0.90$) من أجل الانعطاف.

معجم مصطلحات هندسية عامة

English	العربية
adjacent	مجاور ، قريب
admissible load	حمولة مسموحة
admixture	خلطة ، مزيج
aggregates	حصويات (ركام)
allowable	مسموح
alternate	بديل أو متناوب
analysis	تحليل
anchorage	إرساء , ثبات
area	مساحة (منطقة)
associated	مشترك، مرافق
assumption	افتراض
balanced steel area	مساحة التسليح التوازني
bar (rod)	قضيب
base	قاعدة
beam	كمرة ، جائز
bearing	محمل , تحميل ، مسند
bending moment	عزم الانعطاف
bid (tender)	مناقصة (عطاء)
binder	رابط
bond stress	إجهاد التماسك أو الترابط
boundary element	عنصر طرفي أو محيطي
buckling	انبعاج (تحنيب)
buckling factor	معامل التحنيب
cantilever	ظفر (كابول)
capacity	قدرة ، سعة ، طاقة
casting	صب
characteristic strength	مقاومة مميزة
clear height	ارتفاع صافي
collapse limit state	حالة حد الانهيار

English	العربية
curvature	انحناء ، تقوس
dimensions	أبعاد
design procedures	إجراءات التصميم
stress	إجهاد
bond stress	إجهاد التماسك
yield strength of steel	إجهاد الخضوع للصلب
principal stress	إجهاد الرئيسي
tensile stress	إجهاد الشد
compressive stress in concrete	إجهاد الضغط في الخرسانة
compressive stress in steel	إجهاد الضغط في الفولاذ
torsional stress	إجهاد اللي ، الفتل
admissible stress	إجهاد مسموح
total load	حمولة كلية (حالة الاستثمار)
clear height	ارتفاع صافي
anchorage	إرساء , ثبات
floor	أرضية ، بلاطة
displacement	إزاحة أو انزياح
foundation	أساس
footing, continuous	أساسات مستمرة
footing, isolated	أساسات منفصلة
stability	استقرار , ثبات
structural framing	إطارات إنشائية
assumption	افتراض
horizontal	أفقي
total ultimate load	حمل كلي أقصى
buckling	انبعاج أو تحنيب
relative displacement	انزياح نسبي
combined flexural	انعطاف مركب
strain	انفعال (تشوه نسبي).

English	Arabic	English	Arabic
column capital	تاج العمود	yield strain in steel	انفعال الخضوع للصلب
column strip	شريحة عمودية أو مسندية	equivalent axial strain	تشوه محوري مكافئ
combination	تركيب , توحيد , تجميع	fracture	انكسار، انهيار
combined flexural	انعطاف مركب	shrinkage	انكماش
compatibility of strains	توافقية الانفعالات أو التشوهات	failure (collapse)	انهيار
compliance	ليونة، مطاوعة	span	بحر ، مجاز
compressive stress in concrete	إجهاد الضغط في الخرسانة	gravel	بحص (حصى)
compressive stress in steel	إجهاد الضغط في الفولاذ	alternate	بديل أو متناوب
concentrated load	حمولة مركزة	folded plates	بلاطات منكسرة
concrete	خرسانة	solid slab	بلاطة مصمتة
connection	وصلة , عقدة	ribbed slab	بلاطة معصبة كالهوردي
contraction joint	فاصل تقلص	slab with recesses	بلاطة مفرغة
corrosion	تآكل	slenderness effects	تأثيرات النحافة
cover	غطاء (طبقة تغطية)	column capital	تاج العمود
cracking	تشقق	corrosion	تآكل
creep	زحف (سيلان)	load test	تجربة تحميل
critical section	مقطع حرج	analysis	تحليل
cross -sectional area	مساحة المقطع الكلي	experimental analysis	تحليل تجريبي
curvature	انحناء ، تقوس	elastic analysis	تحليل مرن
deep beam	كمرة عميقة	scaling	تدريج
deflection	سهم , انحراف	wetting	ترطيب.
deformation	تشكل, تشوه	combination	تركيب , توحيد , تجميع
deformed bars	قضبان محلزنة أو ذات نتوءات	plain reinforcement	تسليح أملس
depth	عمق , ارتفاع	spiral reinforcement	تسليح حلزوني
design assumptions	فرضيات التصميم	longitudinal reinforcement	تسليح طولي
design procedures	إجراءات التصميم	transverse reinforcement	تسليح عرضي
detailed	مفصل , تفصيلي	cracking	تشقق
development length	طول التثبيت أو الإرساء	deformation	تشكل, تشوه
diagonal	قطري	increase	تصعيد , رفع , زيادة
diaphragm	ديافرام، رابط غشائي	empirical design	تصميم تجريبي
dimensions	أبعاد	modification of moments	إعادة توزيع العزوم

Arabic	English
تفاوتات	tolerances
تمزق، انفصال	splitting
توافقية الانفعالات (التشوهات)	compatibility of strains
ثنائي , مزدوج , مضاعف	dual
جانبي	lateral
جدار استنادي	retaining wall
جدران غير حمالة	nonbearing walls
جديلة (لمسبق الإجهاد)	strand
جسد الكمرة ، عصب الجائز	web of beam
جملة إطارية	frame system
جناح الضغط	flange
حالة الحد الأقصى	ultimate limit state
حالة حد الاستثمار	serviceability limit state
حالة حد الانهيار	collapse limit state
حصويات (ركام)	aggregates
حفريات	excavation
حمل الزلازل	earthquake load
حمولات التشغيل	service load
حمولات موزعة	distribution loads
حمولة الثقالة	gravity load
حمولة الرياح	wind load
حمولة حية	imposed load
حمولة حية	live load
حمولة قصوى.	ultimate load
حمولة مركزة	concentrated load
حمولة مسموحة	admissible load
خرسانة	concrete
خرسانة عادية	plain concrete
خرسانة متصلبة	hardened concrete
خرسانة مسبقة الصنع	precast concrete
خشب	wood

English	Arabic
displacement	إزاحة أو انزياح
distribution loads	حمولات موزعة
drop panel	لوح ساقط
dual	ثنائي , مزدوج , مضاعف
earthquake	زلزال , هزة أرضية
earthquake intensity	شدة الزلزال
earthquake load	حمل الزلازل
eccentricity	لامركزية
effective depth	عمق فعال
elastic analysis	تحليل مرن
element	عنصر , عضو
empirical design	تصميم تجريبي
equivalent axial strain	تشوه محوري مكافئ
excavation	حفريات
expansion joint	فاصل تمدد
experimental analysis	تحليل تجريبي
factor of safety	معامل الأمان
factored force	قوة عاملة أو مطبقة
failure (collapse)	انهيار
filling	ردم
fine aggregate	ركام ناعم (رمل)
fixed beam	كمرة موثوقة
flange	جناح الضغط
floor	أرضية ، بلاطة
folded plates	بلاطات منكسرة
footing, continuous	أساسات مستمرة
footing, isolated	أساسات منفصلة
force	قوة
form	قالب
foundation	أساس
fracture	انكسار، انهيار

Arabic	English
خلطة ، مزيج	admixture
دعامة	pier
دعامة (مسند، ، ركيزة)	support
ديافرام، رابط غشائي	diaphragm
رابط	binder
رأس القص	shearhead
ربطة , رابط , رباط ، مربط ، شداد	tie
ربطة, وصلة	junction
ردم	filling
ركام ناعم (رمل)	fine aggregate
رمل	sand
زحف (سيلان).	creep
زلزال , هزة أرضية	earthquake
سماكة (ثخانة)	thickness
سماكة كلية للمقطع	total thickness of section
سهم , انحراف	deflection
سهم أولي أو لحظي	lintel deflection
سهم طويلة الأجل	long- time deflection
سيلان، خضوع	yielding
شدة الزلزال	earthquake intensity
شريحة عمودية أو مسندية	column strip
شريحة وسطية أو مجازية	middle strip
صب	casting
صلابة	rigidity
ضغط الماء	water pressure
طريقة القساوة	stiffness method
أسوارة عادية أو حلزونية	hoop
طول	length
طول التثبيت أو الإرساء	development length
ظفر (كابول)	cantilever

Arabic	English
جملة إطارية	frame system
مبنى هيكلي	framed building
فواقد الاحتكاك لأوتار الشد اللاحق	friction loss in post-tensioning tendons
بحص (حصى)	gravel
حمولة الثقالة	gravity load
مساحة إجمالية	gross area
خرسانة متصلبة	hardened concrete
عكفة	hook
أسوارة عادية أو حلزونية	hoop
أفقي	horizontal
حمولة حية	imposed load
تصعيد , رفع , زيادة	increase
غير منتظم	irregular
فاصل ، مفصل ، وصلة	joint
منشآت معصبة	joists constriction
ربطة, وصلة	junction
وصلة تراكب	lap splice
جانبي	lateral
طول	length
سهم أولي أو لحظي	lintel deflection
حمولة حية	live load
تجربة تحميل	load test
سهم طويلة الأجل	long- time deflection
تسليح طولي	longitudinal reinforcement
فواقد مسبق الإجهاد	loss of prestress
شريحة وسطية أو مجازية	middle strip
إعادة توزيع العزوم	modification of moments
معاير ، معامل	modulus (factor , coefficient)
معامل المرونة	modulus of elasticity
معامل مرونة الفولاذ	modulus of elasticity of steel

عرض الجذع	width of web (t. section)
عرض القطاع	width of section
عزم الانعطاف	bending moment
عزم الفتل (اللي)	torsional moment
عزم القصور الذاتي، العطالة	moment of inertia
عقدة زلزالية	seismic joint
عكفات معيارية أو نظامية	standard hooks
عكفة	hook
عمق , ارتفاع	depth
عمق فعال	effective depth
عنصر , عضو	element
عنصر طرفي أو محيطي	boundary element
عينة	specimen
غطاء (طبقة تغطية).	cover
غير متوازن	unbalanced
غير مصبوب بالمكان	uncased
غير منتظم	irregular
فاصل ، مفصل ، وصلة	joint
فاصل تقلص	contraction joint
فاصل تمدد	expansion joint
فرضيات التصميم	design assumptions
فواقد الاحتكاك لأوتار الشد اللاحق	friction loss in post-tensioning tendons
فواقد سبق الإجهاد	prestress losses
فواقد مسبق الإجهاد	loss of prestress
فولاذ	steel
قاسي , غير مرن	rigid
قاعدة	base
قالب	form
قدرة ، سعة ، طاقة	capacity
قشرية	shell

النسبة المعيارية	modulus ratio
عزم القصور الذاتي، العطالة	moment of inertia
مونة ، ملاط	mortar
جدران غير حمالة	nonbearing walls
القوة الناظمية أو المحورية	normal force
إجهادات مسموحة	permissible stresses
دعامة	pier
قضبان ملساء	plain bars
خرسانة عادية	plain concrete
تسليح أملس	plain reinforcement
مفصل لدن	plastic hinge
خرسانة مسبقة الصنع	precast concrete
مسبق الصنع	prefabricated
فواقد سبق الإجهاد	prestress losses
إجهاد الرئيسي	principal stress
نصف قطر الدوران (العطالة)	radius of gyration
انزياح نسبي	relative displacement
مسؤولية , مهمة	responsibility
جدار استنادي	retaining wall
بلاطة معصبة كالهوردي	ribbed slab
قاسي , غير مرن	rigid
صلابة	rigidity
معامل أمان	safety factor
رمل	sand
تدريج	scaling
عقدة زلزالية	seismic joint
حمولات التشغيل	service load
حالة حد الاستثمار	serviceability limit state
هبوط	settlement
قوة قص	shear force

shearhead	رأس القص	thin shell	قشرية رقيقة
shell	قشرية	deformed bars	قضبان ذات نتوءات (محززة)
shrinkage	انكماش	plain bars	قضبان ملساء
slab with recesses	بلاطة مفرغة	bar (rod)	قضيب
slenderness effects	تأثيرات النحافة	diagonal	قطري
slenderness ratio	نسبة نحافة	force	قوة
solid slab	بلاطة مصمتة	ultimate shearing force	قوة القص القصوى
span	بحر ، مجاز	factored force	قوة عاملة أو مطبقة
specimen	عينة	shear force	قوة قص
spiral reinforcement	تسليح حلزوني	normal force	قوة ناظمية أو محورة
splitting	تمزق، انفصال	beam	كمرة ، جائز
splitting strength	مقاومة التشقق	strut	كمرة ربط، عمود قصير
stability	استقرار , ثبات	deep beam	كمرة عميقة
standard hooks	عكفات معيارية أو نظامية	fixed beam	كمرة موثوقة
statically indeterminate structures	منشآت غير مقررة	eccentricity	لامركزية
steel	فولاذ	drop panel	لوح ساقط
stiffness method	طريقة القساوة	compliance	ليونة، مطاوعة
straight	مستقيم	framed building	مبنى هيكلي
strain	انفعال (تشوه نسبي)	adjacent	مجاور ، قريب
strand	جديلة (لسبق الإجهاد)	bearing	محمل , تحميل ، مسند
strength	مقاومة	area	مساحة (منطقة)
stress	إجهاد	gross area	مساحة إجمالية
structural framing	إطارات إنشائية	balanced steel area	مساحة التسليح التوازني
strut	كمرة ربط، عمود قصير	cross -sectional area	مساحة المقطع الكلي
support	دعامة (مسند ، ركيزة)	responsibility	مسؤولية , مهمة
system	نظام ، جملة	prefabricated	مسبق الصنع
tendon	وتر سبق الإجهاد	straight	مستقيم
tensile strength of steel	مقاومة الصلب للشد (حد الانقطاع)	allowable	مسموح
tensile stress	إجهاد الشد	joists constriction	منشآت معصبة
thickness	سماكة (ثخانة)	associated	مشترك، مرافق

Arabic	English
معامل الأمان	factor of safety
معامل التحنيب	buckling factor
معامل المرونة	modulus of elasticity
معامل أمان	safety factor
معامل مرونة الفولاذ	modulus of elasticity of steel
معاير ، معامل	modulus (factor , coefficient)
مفصل , تفصيلي	detailed
مفصل لدن	plastic hinge
مقاومة	strength
مقاومة التشقق	splitting strength
مقاومة الخضوع	yield strength
مقاومة الصلب للشد (حد الانقطاع)	tensile strength of steel
مقاومة القصوى	ultimate strength
مقاومة مميزة	characteristic strength
مقطع حرج	critical section
مناقصة (عطاء)	bid (tender)
منشآت غير مقررة	statically indeterminate structures
مونة ، ملاط	mortar
نسبة معيارية	modulus ratio
نسبة النحافة	slenderness ratio
نصف قطر الدوران (العطالة)	radius of gyration
نظام ، جملة	system
نقل أو انتقال العزوم	transfer of moments
هبوط	settlement
وتر سبق الإجهاد	tendon
وزن	weight
وصلة , عقدة	connection
وصلة تراكب	lap splice

Arabic	English
قشرية رقيقة	thin shell
ربطة , رابط , رباط ، مربط ، شداد	tie
تفاوتات	tolerances
عزم الفتل (اللي)	torsional moment
إجهاد اللي ، الفتل	torsional stress
الحمل الكلي (حالة الاستثمار)	total load
السماكة الكلية للمقطع	total thickness of section
الحمل الأقصى الكلي	total ultimate load
نقل أو انتقال العزوم	transfer of moments
تسليح عرضي	transverse reinforcement
حالة الحد الأقصى	ultimate limit state
حمولة قصوى	ultimate load
قوة القص القصوى	ultimate shearing force
مقاومة القصوى	ultimate strength
غير متوازن	unbalanced
غير مصبوب بالمكان	uncased
ضغط الماء	water pressure
جسد الكمرة ، عصب الجائز	web of beam
وزن	weight
ترطيب.	wetting
عرض المقطع	width of section
عرض الجذع	width of web (T. section)
حمولة الرياح	wind load
خشب	wood
انفعال الخضوع للصلب	yield strain in steel
مقاومة الخضوع (السيلان)	yield strength
إجهاد الخضوع للصلب	yield strength of steel
سيلان، خضوع	yielding

المحتويات

ΛΛVΊ